

**PROPUESTA DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
DEL CORREGIMIENTO DE LAS PITILLAS MUNICIPIO DE SAN DIEGO,
CESAR**



AUTORES:

**PETIT MOLINA ISIDRO RAFAEL
TAPIAS NAIZZIR DANA MARCELA**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR
2021**

**PROPUESTA DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO DEL CORREGIMIENTO DE LAS PITILLAS MUNICIPIO
DE SAN DIEGO, CESAR**

Presentado por:

**PETIT MOLINA ISIDRO RAFAEL
TAPIAS NAIZZIR DANA MARCELA**

**Trabajo de grado presentado para optar el título de
Ingeniero Ambiental y Sanitario**

Director:

**YESITH AROCA ZULETA
Ingeniero Civil**

Asesora:

**TALIA MARIA BARROSO HERNANDEZ
Ingeniero Ambiental y Sanitaria**

**Universidad Popular del Cesar
Facultad de Ingeniería y Tecnológicas
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Valledupar-Cesar
2021**



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Nota de aceptación

Firma presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Valledupar ____ de ____ 2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por ser la luz incondicional que ha guiado mi camino. A mis padres y hermanas por su apoyo constante son mis pilares de vida, a la universidad y a todos los formadores que hicieron parte de este proceso en especial a Yesith Aroca quien estuvo guiándome académicamente con su experiencia y profesionalismo. Agradezco a mis segundos mentores Rafael Castilla, Andrés García y Anicilia Petit por todo su apoyo incondicional y a todas las personas que me acompañaron en este proceso.

-Isidro Rafael Petit Molina

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo. A mis padres quienes son mi motor y mi mayor inspiración, con su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino. A mi hermano y mi abuela por ser el apoyo incondicional en mi vida, que, con su amor y respaldo, me ayuda alcanzar mis objetivos. Y por supuesto a mi querida Universidad y el cuerpo de docentes, por permitirme concluir con una etapa de mi vida.

-Dana Marcela Tapias Naizzir

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a Dios, a mis padres, mis hermanas a toda mi familia y amigos. Gracias por creer y apoyarme en este proceso.

-Isidro Rafael Petit Molina

El presente trabajo de grado va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer. A mis padres, mi familia y mis amigos.

- Dana Marcela Tapias Naizzir

TABLA DE CONTENIDO

1. TÍTULO:.....	15
1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
2. JUSTIFICACIÓN.....	19
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
4. MARCO REFERENCIAL	22
4.1 Antecedentes De La Investigación.....	22
4.2. MARCO TEÓRICO	25
4.2.1 Sistema de alcantarillado	25
4.2.2 Tipos de sistemas de alcantarillado:	25
4.2.2.1. <i>Sistemas de alcantarillado convencional</i>	25
4.2.3 Clasificación De Las Tuberías.....	27
4.2.4 Disposición De La Red De Alcantarillado	27
4.2.5 Otros Elementos Del Alcantarillado	31
4.2.6 Unión De Colectores.....	31
4.2.7 Normas Generales De Diseño Para Alcantarillados.....	32
4.3. MARCO CONCEPTUAL.....	39
4.4. MARCO CONTEXTUAL	40
4.1.1 Localización.....	40
4.5. MARCO LEGAL	44
5. MARCO METODOLÓGICO	46
5.1 Tipo De Investigación	46
5.2 Población	46
5.3 Muestra	46

6.	DESARROLLO METODOLÓGICO.....	47
	ACTIVIDAD 1.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	47
	ACTIVIDAD 1.3. ASIGNACIÓN DE NIVEL DE COMPLEJIDAD	48
6.2.	ETAPA II: ELABORAR LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO EN BASE A LOS LINEAMIENTOS DISPUESTOS EN EL REGLAMENTO TÉCNICO PARA EL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO (RAS)	48
	ACTIVIDAD 2.1. DEFINIR PERIODO DE DISEÑO.....	48
	ACTIVIDAD 2.2. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	49
	ACTIVIDAD 2.3. ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO	49
6.3.	ETAPA III: DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA COMO LAS MÁS VIABLE TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL.....	50
	ACTIVIDAD 3.1. CAUDAL DE DISEÑO.....	50
	ACTIVIDAD 3.2. DETERMINAR EL DIÁMETRO INTERNO Y VELOCIDAD MÍNIMA Y MÁXIMA DE LA TUBERÍA.....	51
	ACTIVIDAD 3.3. PROFUNDIDADES DE INSTALACIÓN DE LAS TUBERÍAS.....	51
7.	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	52
7.1	ETAPA I: RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	52
7.1.1	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	52
7.1.2	TOPOGRAFÍA.....	54
7.1.3	PARÁMETROS DE DISEÑO	56
7.1.4	PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	57
7.1.4.1	DESCRIPCIÓN DEL LIBRO DE CÁLCULOS PARA LAS REDES.....	58
	POBLACIÓN:.....	60
	ÁREA TRIBUTARIA.....	61
7.1.4.2	DISEÑO HIDRÁULICO	61
7.1.4.3	PERFIL HIDRÁULICO.....	64
7.1.4.4	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	68

7.1.4.5	ETAPA III: DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA COMO LAS MÁS VIABLE TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL	70
7.1.4.5.1	Proyección futura	70
7.1.4.5.2	Dotación.....	74
7.1.4.5.3	Caudales de diseño	75
7.1.4.5.3.1	Caudal de aguas residuales domesticas (QD)	76
7.1.4.5.3.2	Caudal medio de aguas residuales.....	77
7.1.4.5.3.3	Caudal por infiltración (QINF)	78
7.1.4.5.3.4	Factores de mayoración	78
7.1.4.5.3.5	Caudal Medio de diseño Aguas Residuales:.....	79
7.1.4.5.3.6	Caudal Máximo Horario Aguas Residuales:.....	79
7.1.4.5.3.7	Caudal Máximo Diario Aguas Residuales:	79
7.1.4.5.3.8	Caudal Máximo Mensual Aguas Residuales:	79
7.1.4.5.3.9	Determinación de la carga orgánica	81
7.1.4.5.3.10	Determinación de la eficiencia mínima requerida	84
7.1.4.5.3.11	Parámetros de descargas según Resolución 631 de 2015.....	84
7.1.4.5.4	Determinación de las eficiencias y distancias mínimas de los diferentes modelos de tratamiento	85
7.1.4.5.5	Definición y diseño del tratamiento propuesto	90
7.1.4.5.6	Diseño de canal de entrada, cribado y desarenador	90
7.1.4.5.7	Diseño sistema de bombeo	93
7.1.4.5.8	Diseño reactor UASB	94
7.1.4.6	Diseño filtro biológico	99
7.1.4.7	Diseño sedimentador secundario	100
7.1.4.8	Diseño lechos de secado de lodos	102
8	CONCLUSIONES	103
9	Recomendaciones	105
10	BIBLIOGRAFÍA	106

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Asignación nivel de complejidad	48
Tabla 3. Parámetros de diseño	56
Tabla 4. Proyección de Población	73
Tabla 5. Dotación neta según RAS 2017	75
<i>Tabla 6. Cálculo de Caudales en el periodo de diseño</i>	<i>79</i>
Tabla 7. Caudales de diseño para los procesos de la PTAR	80
Tabla 8. Parámetros monitoreados y métodos de ensayo.	82
Tabla 9. Aportes per cápita para AR según RAS 2017	83
Tabla 10. Valores de DBO, DQO y SST asumidos para el diseño de la PTAR.....	83
Tabla 11. Cargas y concentraciones DBO, DQO y SST en el periodo de diseño .	84
Tabla 12. Eficiencia mínima de la PTAR	85
Tabla 13. Distancias mínimas según los tipos de tratamiento según RAS 2017...	86
Tabla 14. Rangos de eficiencias en los diferentes tipos de tratamiento según RAS 2017	86
Tabla 15. Eficiencias en los diferentes procesos.....	88
Tabla 16. Cálculo del canal de entrada	91
Tabla 17. Cálculo de la rejilla	91
Tabla 18. Cálculo de Cribado	91
Tabla 19. Cálculo del desarenador.....	92
Tabla 20. Chequeo Desarenador	93
Tabla 21. Cálculo de la estación de bombeo.....	94
Tabla 22. Clasificación de Lodos.....	95
Tabla 23. Calculo del reactor UASB.....	98
Tabla 24. Cálculo del filtro biológico	100
Tabla 25. Cálculo del sedimentador secundario.....	101
Tabla 26. Cálculo del lecho de secado de lodos	102

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 4. Plano Topografía con detalle Municipio Las Pitillas	55
Ilustración 5. Disposición de la Red de Alcantarillado	70
Ilustración 6. Nivel de complejidad del sistema	75
Ilustración 7. Caudales de diseño para tratamiento de aguas residuales según RAS 2017	76
Ilustración 8. Factores pico para caudales de AR según RAS 2017	78
Ilustración 9. Alternativas de tratamiento	87
Ilustración 10. Esquema del diseño del tratamiento	90
Ilustración 11. TABLA 32 del artículo 191 del RAS 2017.	95
Ilustración 12. TABLA 32 del artículo 191 del RAS 2017.	95
Ilustración 13. Geometría separador GAS-LIQUIDO-SOLIDO en el UASB	97

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Método aritmético	71
Ecuación 2. Método Geométrico	72
Ecuación 3. Método exponencial.....	73
Ecuación 4. Caudal de aguas residuales domesticas	76
Ecuación 5. Ecuación para determinar el Caudal medio	77

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Población de las Pitillas	54
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de un alcantarillado perpendicular sin interceptor	28
Figura 2. Esquema de un alcantarillado perpendicular con interceptor	28

Figura 3. Esquema de un alcantarillado perpendicular con interceptor y aliviadero	29
Figura 4. Esquema de un alcantarillado en abanico.....	30
Figura 5. Esquema de un alcantarillado en bayoneta	30
Figura 6. Posibles formas de unión en la cañuela del pozo de inspección	31
Figura 7. Convenciones del trazado de tuberías	33
Figura 8. Localización del corregimiento de Las Pitillas, San diego Cesar	40

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Cálculos hidráulicos de la red de alcantarillado sanitario.	109
Anexo 2: Diseño y revisión de cimentación de tubería PVC	113
Anexo 3. Análisis de parámetros fisicoquímicos	120
Anexo 4. Diseños de la PTAR y detalles constructivos	120
Anexo 4.Evidencias fotográficas	121

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se orienta al estudio y propuesta diseño del sistema de alcantarillado sanitario del corregimiento de Las Pitillas municipio de San Diego, en jurisdicción del departamento del Cesar, realizada con la intención de contribuir al mejoramiento de la calidad de vida, a la disminución de contaminación y enfermedades generada por no contar con este servicio. El cual es esencial para elevar la calidad de vida de la población, por medio del servicio de saneamiento básico, para la recolección de las aguas residuales, fue necesario inicialmente realizar un diagnóstico de las condiciones físicas, económicas y sociales para el área de estudio, posterior a esto se diseñó la red según las especificaciones técnicas del Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2017 y finalmente se seleccionó la alternativa de mayor viabilidad, económica, social y ambiental.

Con lo anteriormente mencionado, se dispuso a formular la propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado sanitario. Posteriormente a la etapa de campo se obtuvo por medio de las encuestas aplicadas 102 viviendas y 421 habitantes, este sistema tendrá como función transportar las aguas servidas de las viviendas a través de la red hasta el punto de descarga.

ABSTRACT

This research project is aimed at the study and design proposal for the sanitary sewer system of the township of Las Pitillas, municipality of San Diego, in the jurisdiction of the department of Cesar, carried out with the intention of contributing to the improvement of the quality of life, to the decrease pollution and diseases generated by not having this service. Which was essential to raise the quality of life of the population, through the basic sanitation service, for the collection of wastewater, it was necessary to carry out a diagnosis of the physical, economic and social conditions for the study area, later To this, the network was designed according to the specifications of the Technical Regulation for the Potable Water and Basic Sanitation Sector - RAS 2017 and finally the most viable economic, social and environmental alternative was selected.

With the aforementioned, he set out to formulate the design proposal for a sanitary sewer system. After the field stage, 102 homes and 421 inhabitants were obtained through the applied surveys. This system will have the function of transporting the wastewater from the homes through the network to the discharge point.

INTRODUCCION

Desde la antigüedad el agua ha sido una parte indispensable de la vida humana. Si no existe, la supervivencia humana se verá seriamente amenazada; sin embargo, si se gestiona de forma inadecuada, una vez utilizada, el impacto sobre el medio ambiente y la salud humana será considerable. Una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en los países de América Latina es la baja cobertura de recolección, transporte y tratamiento de aguas residuales.

Es por ello, que el proceso de tratamiento de aguas residuales se considera actualmente como un proceso fundamental para el mejoramiento de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos de las aguas procedentes de las actividades humanas en el corregimiento de Las Pitillas, con el fin de velar por el bienestar del medio ambiente y la salud de su población.

Por consiguiente, el diseño de un sistema de recolección, transporte y tratamiento de las aguas servidas; para esta población es indispensable para mitigar el impacto ambiental negativo y al mismo tiempo se evitar enfermedades de características hidro-sanitarias especialmente en la población infantil por la falta de alcantarillado.

1. TÍTULO:

PROPUESTA DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CORREGIMIENTO DE LAS PITILLAS MUNICIPIO DE SAN DIEGO, CESAR

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el crecimiento demográfico acelerado, que se vive a nivel mundial, trae consigo una mayor demanda de bienes y servicios, donde por lo tanto la explotación de recursos naturales es cada vez más alta; el Agua es uno de estos recursos han sido impactos significativamente, a pesar de que es indispensable para el desarrollo de los seres vivos, la contaminación de cuerpos hídricos es cada vez más frecuente e intensiva, asimismo existe un gran desconocimiento por parte de la comunidades acerca de la importancia de la preservación y conservación de este preciado recurso.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, las comunidades están sujetas a necesidades básicas que deben estar solventadas para garantizar la calidad de vida de los habitantes, entre estas encontramos el suministro del agua, con calidad adecuada y cantidad suficiente. Al momento de suplir esta necesidad surge de manera directa otra no menos importante que radica en la adecuada eliminación de las aguas residuales que se convierten en potenciales vehículos de muchas enfermedades y trastorno del medioambiente. (Rodríguez, 2017).

Sin embargo, el manejo de las aguas residuales en Colombia, con el paso del tiempo ha mostrado diferentes falencias y la gravedad de esta problemática radica en las características de este tipo de residuos, de acuerdo a lo que exponer Rodríguez (2017) ,las aguas residuales son consideradas extremadamente

peligrosas debido a las grandes cantidades de organismos patógenos que poseen, en su mayoría provenientes del tracto intestinal, al no tener un correcto sistema de recolección estas suelen ser vertidas en la superficie de la tierra, subsuelo o cuerpos de agua cercanos, en ese orden de ideas el contacto de la población con estas pueden producir enfermedades de origen hídrico como: fiebre tifoidea, disentería, paratifoidea, cólera, etc. Además de las principales enfermedades causadas por virus y microorganismos que se encuentran en aguas residuales como: hepatitis infecciosa, disentería amebiana, entre otras.

Adicionalmente los vertimientos de estas aguas al llegar a un cuerpo hídrico, causan un gran impacto a las condiciones ambientales de este hábitat, afectando no solamente a las comunidades aledañas, que se benefician de este cuerpo de agua, si no que trae como consecuencia el detrimento de las condiciones de Flora y Fauna, presente en esta área y es cada vez más preocupante, porque en gran cantidad de municipios a nivel Nacional los sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales son muy deficientes o no presentan.

En lo dicho por el Ministerio de Ambiente (2002), la contaminación de los cuerpos hídricos por aguas residuales, es alarmante, sólo el 22 % de los municipios del país realizan un tratamiento de sus aguas residuales, deteriorando cada vez más el estado de la calidad del recurso; la situación se hace más crítica cuando la corriente tiene un uso definido aguas abajo, pues se alteran las condiciones de calidad del agua requeridas para el abastecimiento de actividades específicas (doméstica, industrial, agrícola, pecuaria, etc.) y la vida acuática.

En la constitución Política en los artículos 8, 79 y 80, se establece que es deber velar por el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución, por otra parte El ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, bajo el Decreto 050 del 16 de Enero de 2018, dispone el ordenamiento del Recurso Hídrico, prohibiciones de

vertimiento en suelos que presenten vulnerabilidad y la obligatoriedad de la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las Aguas Residuales.

El municipio de San Diego, dentro del departamento del Cesar, según lo presentado por la Alcaldía de San Diego (2020), cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario en la cabecera municipal con una cobertura del 65,9% el sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) es de tipo secundario que corresponde a lagunas de oxidación, el sistema vierte sobre el suelo, sin embargo, se contaba con PSMV aprobado por Corpocesar el cual venció en febrero de 2020 y en su zona rural el único corregimiento que posee este servicio es Media Luna. En este sentido es necesario que el municipio realice la legalización de los vertimientos de la zona urbana y de la zona rural, teniendo en cuenta la Resolución 0631 del 17 de marzo de 2015, emanada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Por la cual se establecen los parámetros y valores permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

En estos casos que no se cuentan con sistemas de aguas residuales se usan otro tipo de metodologías como Tanques sépticos, pero teniendo, en cuenta lo expresado por Hidalgo & Mejía (2010), debido a que la mayoría de los sistemas domésticos no reciben un mantenimiento adecuado la, la vida útil de operación de los tanques sépticos es generalmente igual o menor a 20 años. Si se aplicaran sistemas de tratamiento convencionales, se puede garantizar un mayor tiempo de vida útil, asimismo es necesario que a la hora del diseño de cualquiera de estas alternativas, se cumplan con lo dispuesto Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS” donde se contiene los requisitos técnicos que deben cumplir en las etapas de diseño

construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de este tipos infraestructuras.

Los habitantes del corregimiento de pitillas ubicado en el municipio de San Diego, Cesar, claramente no poseen un sistema de alcantarillado desde hace muchos años, lo que afecta directamente el manejo de las aguas residuales, y por consiguiente el riesgo de contacto de esta población con estas agua, generando un aumento de la contaminación y la aparición de enfermedades siendo los niños y ancianos la población más vulnerable, bajo estas premisas no se está dando cumplimiento a lo dicho por la normatividad vigente.

Para mitigar esta problemática es pertinente y necesario diseñar un sistema de alcantarillado como lo establece la norma para garantizar una mejor calidad de vida.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la mejor alternativa técnica, económica y ambiental para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario del corregimiento de las Pitillas municipio de San Diego, Cesar?

2. JUSTIFICACIÓN

El tratamiento de las Aguas Residuales, es un componente que debe ser priorizado por parte de las entidades territoriales, teniendo en cuenta las grandes afectaciones hacia el ambiente y la calidad de vida de la población, tal como lo expone Mata, Gutiérrez & Jurado (2005), los beneficios del manejo de las aguas servidas, incluye la reducción de contaminación de cuerpos de agua, donde son vertidas estas aguas; protección a plantas y animales nativos y claramente todo esto se concluye en la protección de la diversidad Biológica.

La Organización Mundial de la Salud ha manifestado reiteradamente que, las principales causas de enfermedades y de muertes en el mundo, se asocian con el agua contaminada y la falta de acceso a la misma. Anualmente, la disentería, la diarrea y otras enfermedades hídricas cobran las vidas de 3 millones de personas (OMS 2007), claramente el desarrollo de este tipo de contribuciones investigativas son un apoyo en el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades.

La razón de ser de esta experiencia investigativa se centra en el beneficio que va a recibir la población del corregimiento de Las pitillas, municipio de San Diego, Cesar, puesto que carece de un sistema de alcantarillado sanitario que por muchos años Por otra parte encontramos la falta de compromiso y responsabilidad de los entes gubernamentales, teniendo en cuenta los Fundamentos de la Política Ambiental Colombiana, establecido en la Ley 99 de 1993, en la cual se dice “La acción para la protección y recuperación ambientales del país es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado. El Estado apoyará e incentivará la conformación de organismos no gubernamentales para la protección ambiental y podrá delegar en ellos algunas de sus funciones”

De tal forma, con la implementación de un sistema de alcantarillado sanitario, como parte de nuestra investigación, se obedece las políticas ambientales determinadas por partes del estado y de tal forma que se genera el compromiso de aportar mejoras en las condiciones de vida de esta población y evitar futuras problemáticas, ya que se satisface esta necesidad básica de los habitantes.

Mediante esta investigación se podrá generar una alternativa de manejo de las aguas residuales de este corregimiento, con una viabilidad, técnica, económica y ambiental que permita suplir las necesidades actuales que tiene la población.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Presentar la propuesta diseño del sistema de alcantarillado sanitario del corregimiento de Las Pitillas, municipio de San Diego, Cesar

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar las condiciones físicas, económicas y sociales para el área de estudio.
- Realizar el diseño óptimo de la red de alcantarillado para la topografía de la zona, según las especificaciones técnicas del Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2017
- Diseño de la alternativa seleccionada como la más viable técnica, económica y ambiental acorde a los lineamientos establecidos en la Resolución No. 0330 del 8 de Junio de 2017.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Antecedentes De La Investigación

(Herrera & Rey, 2018) presentaron el trabajo de investigación, denominado, **Implementación de biofiltro como agente depurador de aguas residuales del conjunto Aranjuez II, en el municipio de Villavicencio Meta**, Existe un punto de vertimiento de aguas residuales el cual proviene de los habitantes del conjunto Aranjuez II, ubicado en Colombia, departamento del Meta, en la ciudad de Villavicencio, comuna 5, en el barrio Doña Luz. Se propone una alternativa que conduzca a la solución de este impacto ambiental generado por el vertimiento de aguas residuales, el cual genera contaminación al medio ambiente a nivel ecosistémico; Se sugiere usar un biofiltro subsuperficial de flujo horizontal, el cual se adapta el terreno, entorno y las condiciones climáticas de la región; debido a las características del diseño, las cuales pueden mantener una diferencia de cotas muy mínima, que son importantes ya que tenemos una diferencia de elevaciones de 1 metro (del biofiltro al río Ocoa). El entorno no se ve afectado, ya que no se presentan malos olores, debido al tratamiento preliminar y la plantación ornamental. La vegetación que se recomienda es el vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), debido a su ayuda en la depuración del agua, resistencia al cambio climático, extensión de biomasa y a su reproducción.

(Roldós, 2015), diseñaron la propuesta titulada, **Planta de tratamiento de aguas residuales en Pomasqui**, Gracias a esta planta, las comunidades de Pomasqui y San Antonio dejarían de dar la espalda al río e incorporarían un eje natural como elemento de conexión entre ambos sectores que se proyectaría como un parque lineal. Este proyecto tiene como objetivo lograr que una infraestructura se incorpore a una comunidad de una manera amigable manteniendo una interacción constante con las personas de dicho sector. Esta relación se da gracias a un programa de carácter

comunitario que capacita sobre lo que pasa dentro de la infraestructura y expone los resultados del tratamiento de sus aguas grises por medio de jardines y huertos que comienzan como parte del equipamiento general del parque lineal. Al incorporar el coliseo ya existente como parte del programa se garantiza que el proyecto se convierta en un hito más dentro de esta comunidad.

(Bravo & Torrez, 2015), elaboraron la tesis titulada: **Diseño del alcantarillado sanitario de la ciudad de Nandaime-Granada**. Como diseño de alcantarillado sanitario de la ciudad de Nandaime se elaboró un alcantarillado por el “Método convencional” el cual consiste en un sistema por arrastre hidráulico, donde se debió proveer una dotación de agua suficiente para su correcto funcionamiento. Está constituido por redes colectoras que son construidas, generalmente, en la parte central de calles y avenidas e instaladas en pendiente, permitiendo que se establezca un flujo por gravedad desde las viviendas hasta la planta de tratamiento. Se tiene una población base del año 2014 que a partir de este dato se proyectó hacia el año 2015 que fue cuando se realizó el diseño, previamente la proyección de 25 años. Se cuenta con datos urbanísticos del sector urbano y rural, pero en este caso se trabaja con el sector urbano ya que es el sector que fue beneficiado por el alcantarillado.

(Córdoba, 2013), constituyó el trabajo de grado titulado: **Diseño de la red de alcantarillado del barrio centro poblado pasoancho situado en el municipio de Zipaquirá**. El sistema a diseñar para la población será uno convencional separado. El alcantarillado separado es un sistema que se encarga de independizar o de separar como el mismo nombre lo dice la evacuación de aguas residuales de las pluviales. El proyecto se enmarcó bajo la siguiente metodología: Recopilación de información sobre la población; Climatología; Topográfica de la zona; Descripción de los recursos hídricos; Recopilación de información para el estudio de la demanda; Obtención de las tasas de crecimiento; Proyección de la población; Obtención de las dotaciones futuras; Estimación de las pérdidas del sistema; Obtención de los coeficientes de mayoración; Obtención del caudal máximo diario; Obtención del caudal máximo

horario; Obtención del caudal de diseño; Descripción y redimensionamiento de la alternativa; Realización de los diseños de las estructuras de conducción para la red de distribución; Realización de los diseños de las estructuras de recolección para el alcantarillado sanitario y pluvial; Planteamiento de conclusiones y Planteamiento de recomendaciones. El diseño de las redes de alcantarillado sanitario y pluvial se desarrolló por el método convencional, contemplando las exigencias y parámetros trazados por el RAS-2000. Se determinaron datos como desde el nivel de complejidad del sistema a diseñar, periodos de diseño y coeficientes para cada cálculo efectuado en el diseño de la red.

(Sierra, 2010) Presento la investigación titulada, **Evaluación de la utilización de la *lemna s.p* como alternativa en el post-tratamiento del efluente de la laguna Anaerobia del sistema de tratamiento El Salguero - municipio de Valledupar, Cesar**, Con la presente investigación se espera tener estimativos de la potencialidad del Duckweed o lentejas de agua para remover materia orgánica, nutrientes y coliformes (totales y fecales), utilizando como sustrato aguas residuales provenientes de lagunas de oxidación del sistema de tratamiento de aguas residuales el Salguero en el municipio de Valledupar. Las lemnáceas (Duckweed) que servirán como inóculo para desarrollar la investigación serán tomadas de jagüeyes, ubicados a las afueras del municipio de Valledupar. Para esta investigación se analizarán los siguientes parámetros: Demanda Química de Oxígeno (DQO), PH, Nitrógeno Total kjeldalh, Fósforo, Coliformes Fecales y Totales, Conteo de Frondas, Determinación de la Producción de Biomasa.

(Padilla, 2009), cuya tesis de grado titulada: **Diseño de la red de alcantarillado sanitario y pluvial del corregimiento de la Mesa-Cesar**. A partir de los parámetros planteados por el reglamento de agua potable y saneamiento básico (RAS), se determinaron datos como nivel de complejidad de la población, periodo de diseño y coeficientes propios de los cálculos realizados para el diseño de la red. El diseño de las

redes de alcantarillado se realizó por medio del método convencional, el cual contempla todas las exigencias y especificaciones dadas en la normatividad vigente. La disposición final de los residuos evacuados por las redes de alcantarillado se podrá hacer a una laguna de oxidación cercana a la población

4.2. MARCO TEÓRICO

4.2.1 Sistema de alcantarillado

El sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia. (Lopez , 2004).

4.2.2 Tipos de sistemas de alcantarillado:

- Sistemas Convencionales.
- Sistemas No Convencionales.
- Sistemas In Situ.

4.2.2.1. SISTEMAS DE ALCANTARILLADO CONVENCIONAL

Los sistemas de alcantarillado separados son la primera opción para el diseño y construcción de sistemas de recolección de aguas residuales y lluvias en el territorio nacional. Estos sistemas son los tradicionalmente utilizados para la recolección y el transporte de las aguas residuales y las aguas lluvias desde su generación hasta las plantas de tratamiento de las mismas o hasta los sitios de vertimiento. (RAS, 2000).

Los sistemas de alcantarillados convencionales se clasifican así, según el tipo de agua que conduzcan:

4.2.2.1 Alcantarillado separado

Un sistema de alcantarillado separado es aquel en el cual se independiza la evacuación de las aguas residuales y lluvias. Se tiene entonces:

- **Alcantarillado sanitario**

Es el sistema de recolección diseñado para recolectar exclusivamente las aguas residuales domésticas e industriales.

- **Alcantarillado pluvial**

Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la precipitación.

4.2.2.2 Alcantarillado combinado

Es un alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas lluvias.

4.2.2.3 Sistemas de alcantarillado no convencional

Debido a que los alcantarillados convencionales usualmente son sistemas de saneamiento costosos, especialmente para localidades con baja capacidad económica, en las últimas décadas se han propuesto sistemas de menor costo, alternativos al alcantarillado convencional de aguas residuales, basados en consideraciones de diseño adicionales y en una mejor tecnología disponible para su operación y mantenimiento. Dentro de estos sistemas alternativos están los denominados alcantarillados simplificados, los alcantarillados condominiales y los alcantarillados sin arrastre de sólidos. (RAS, 2000).

4.2.2.4 Sistemas de alcantarillado In situ

Por otra parte, existen sistemas basados en la disposición in situ de las aguas residuales como son las letrinas y tanques, pozos sépticos y campos de riego, los cuales son

sistemas de muy bajo costo y pueden ser apropiados en áreas suburbanas con baja densidad de población y con adecuadas características del subsuelo. (Ramirez, 2016).

4.2.3 Clasificación De Las Tuberías

- **Laterales o iniciales:** Reciben únicamente los desagües provenientes de los domicilios.
- **Secundarias:** Reciben el caudal de dos o más tuberías iniciales.
- **Colector secundario:** Recibe el desagüe de dos o más tuberías secundarias.
- **Colector principal:** Capta el caudal de dos o más colectores secundarios.
- **Emisario final:** conduce todo el caudal de aguas residuales o lluvias a su punto de entrega, que puede ser una planta de tratamiento o un vertimiento a un cuerpo de agua, como un río, un lago o el mar.

4.2.4 Disposición De La Red De Alcantarillado

No existe una regla general para la disposición de la red del alcantarillado, ya que ésta se debe de ajustar a las condiciones físicas de cada población. (López, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, 2004). A continuación, se presenta algunos esquemas a usar.

4.2.4.1 *Sistema perpendicular sin interceptor*

Es un sistema adecuado para un alcantarillado pluvial, ya que sus aguas pueden verterse a una corriente superficial en cercanías de la población, sin que haya riesgos para la salud humana ni deterioro de la calidad del cuerpo receptor. (López, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, 2004).

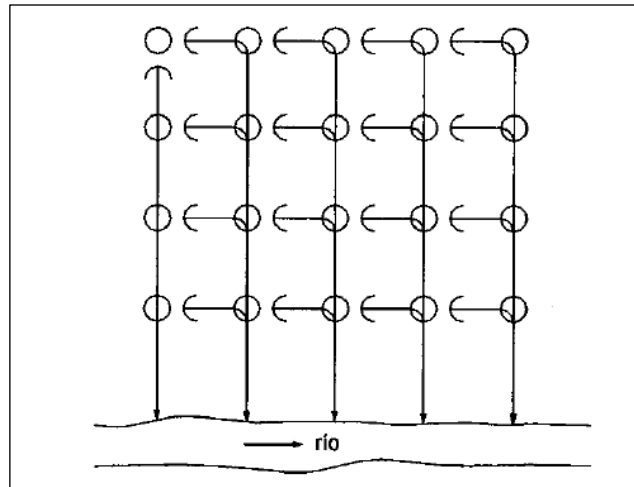


Figura 1. Esquema de un alcantarillado perpendicular sin interceptor

Fuente: Adaptado a partir elementos de diseño de acueducto y alcantarillado, 2004.

4.2.4.1 Sistema perpendicular con interceptor

El sistema de alcantarillado perpendicular con interceptor se utiliza para alcantarillados sanitarios. El interceptor recoge el caudal de aguas residuales de la red y lo transporta a una planta de tratamiento de aguas residuales, o vierte el caudal a la corriente superficial aguas debajo de la población para evitar riesgos a la salud humana. (López , 2004).

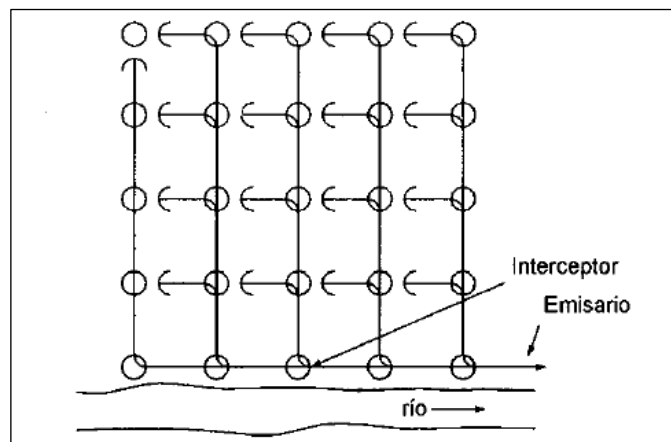


Figura 2. Esquema de un alcantarillado perpendicular con interceptor

Fuente: Adaptado a partir elementos de diseño de acueducto y alcantarillado, 2004.

4.2.4.2 Sistema perpendicular con interceptor y aliviadero

Este sistema de alcantarillado perpendicular con interceptor y aliviadero, es adecuado para alcantarillados combinados, ya que el aliviadero permitirá reducir la carga hidráulica pico, producida en el caso de una precipitación, que llegaría a la planta de tratamiento de aguas residuales. El caudal excedente de la precipitación es vertido por medio del aliviadero a la corriente superficial en cercanía de la población sin riesgo para la salud humana, debido a la dilución del caudal de aguas residuales (el caudal de aguas residuales en un alcantarillado combinado es del orden del 3% del caudal total). (López, 2004).

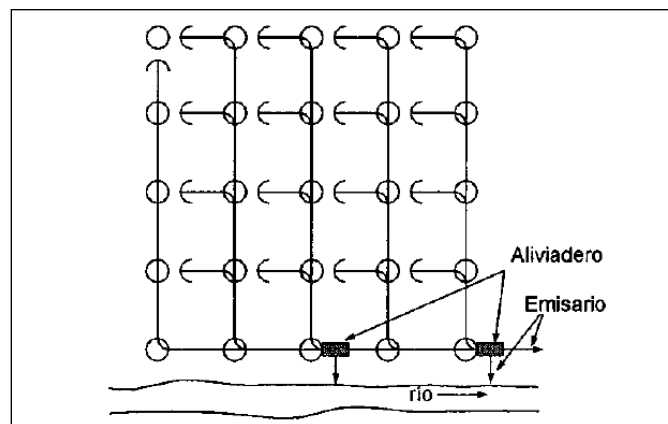


Figura 3. Esquema de un alcantarillado perpendicular con interceptor y aliviadero

Fuente: Adaptado a partir elementos de diseño de acueducto y alcantarillado, 2004.

4.2.4.3 Sistema en abanico

Dada unas condiciones topográficas especiales, puede adoptarse el esquema en abanico con interceptor, sin interceptor o con aliviadero, de acuerdo con el tipo de alcantarillado. (López, 2004).

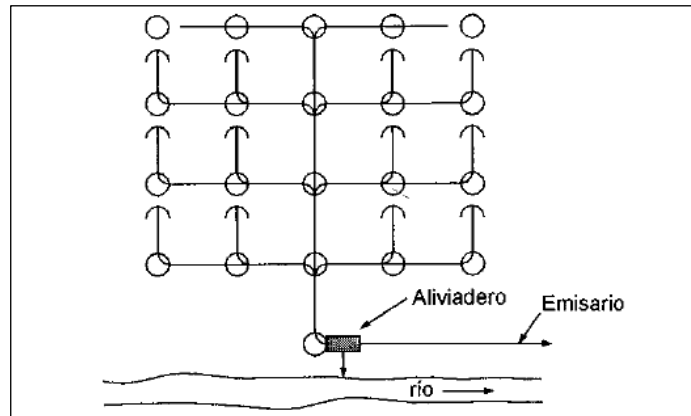


Figura 4. Esquema de un alcantarillado en abanico

Fuente: Adaptado a partir elementos de diseño de acueducto y alcantarillado, 2004.

4.2.4.4 Sistema en bayoneta

El sistema de alcantarillado en bayoneta es apropiado para alcantarillados sanitarios en donde existan terrenos muy planos y velocidades muy bajas. (López, 2004).

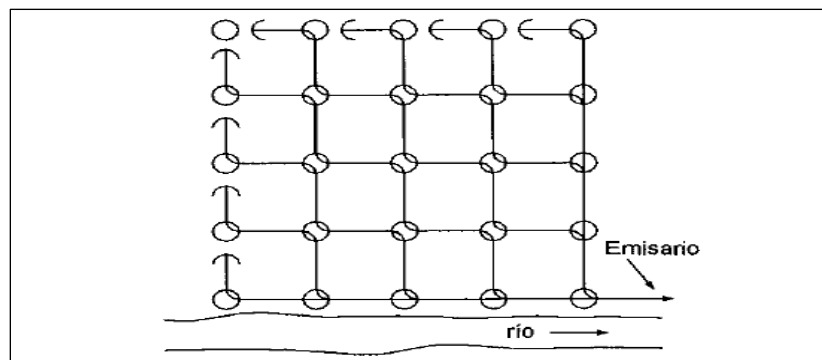


Figura 5. Esquema de un alcantarillado en bayoneta

Fuente: Adaptado a partir elementos de diseño de acueducto y alcantarillado, 2004.

4.2.5 Otros Elementos Del Alcantarillado

La red del alcantarillado, además de los colectores o tuberías, está constituida por otras estructuras hidráulicas diseñadas para permitir el correcto funcionamiento del sistema. (López, 2004). Entre otras, se pueden mencionar las siguientes:

- Pozos de inspección
- Cámaras de caída
- Aliviaderos frontales o laterales
- Sifones invertidos
- Sumideros y rejillas
- Conexiones domiciliarias

4.2.6 Unión De Colectores

La unión de tramos de la red del alcantarillado se realiza mediante estructuras denominadas pozos de unión o inspección, que permiten el cambio de dirección en el alineamiento horizontal o vertical, el cambio de diámetro o sección, y las labores de inspección, limpieza y mantenimiento general del sistema. (López, 2004).

La distancia máxima permitida entre pozos depende del tipo de maquinaria utilizada para el mantenimiento del alcantarillado. Si el mantenimiento es manual, la distancia máxima, se limita a 100 m o 120 m, mientras que, si el mantenimiento se realiza por medio mecánico o hidráulicas, la distancia máxima permitida es del orden de 200 m.

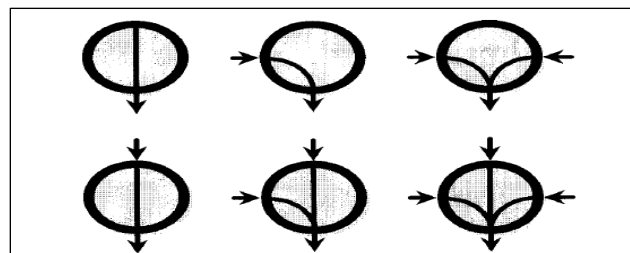


Figura 6. Posibles formas de unión en la cañuela del pozo de inspección

Fuente: Adaptado a partir elementos de diseño de acueducto y alcantarillado, 2004.

4.2.7 Normas Generales De Diseño Para Alcantarillados

Las normas que se describen a continuación se aplican a todo alcantarillado sanitario, pluvial o combinado, de tipo convencional.

4.2.7.1 Localización de tuberías

El trazado de la red de colectores debe seguir la disposición topográfica de las calles del municipio. En algunos casos se permite que puedan trazarse por los andenes, especialmente en los alcantarillados de pequeñas agrupaciones de vivienda (alcantarillados condominiales). (López, 2004).

- Se debe de dar prioridad a la protección del sistema de acueducto en razón del riesgo de contaminación del agua potable con el agua residual. Las tuberías del alcantarillado sanitario y del acueducto deberán estar localizadas en costados opuestos de la calzada.
- La cota clave de cualquier sistema de alcantarillado debe estar por debajo de la cota de batea de la tubería del acueducto, cumpliéndose con las distancias verticales y horizontales mínimas que en términos generales son de 0,3 m y de 1,0 m, respectivamente.
- La profundidad de las tuberías de la red del alcantarillado debe ser tal que permita el desagüe por gravedad de las conexiones domiciliarias. Se deben evaluar las interferencias con otras tuberías de servicios públicos que, en determinados casos, limitan la pendiente de la red de alcantarillado.

4.2.7.2 Levantamiento topográfico e interpretación de planos

La escala mínima del levantamiento topográfico para alcantarillados sanitarios es de 1:2.000 y las curvas de nivel cada metro, requiriéndose en poblaciones planas curvas de nivel cada 0,5 m o menos. En alcantarillados pluviales, la escala del levantamiento topográfico puede ser menor, dependiendo de la extensión del área de drenaje (por ejemplo, 1:5.000). (López, 2004). Para la elaboración de los planos correspondientes al

diseño de la red del alcantarillado (planta y perfil), se emplean por lo general las siguientes convenciones:

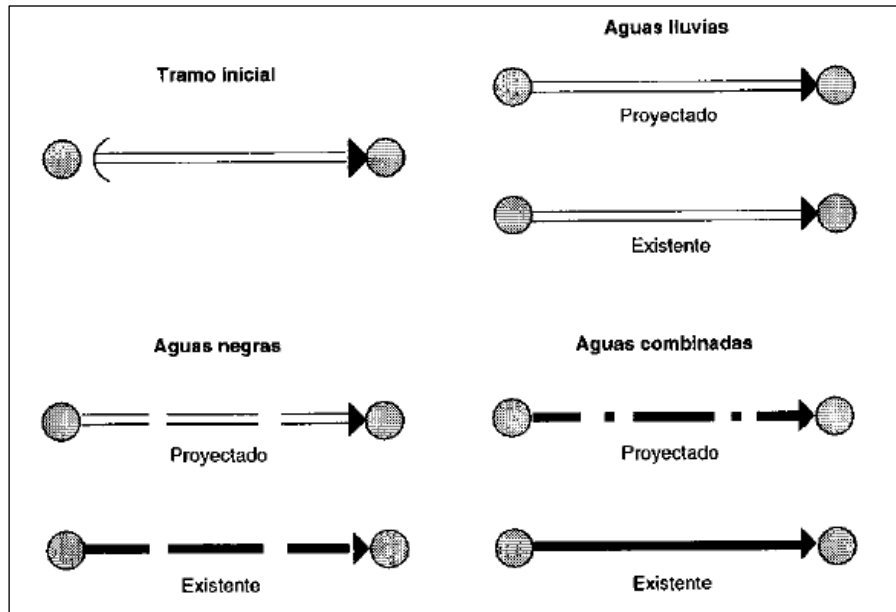


Figura 7. Convenciones del trazado de tuberías

Fuente: Adaptado a partir elementos de diseño de acueducto y alcantarillado, 2004.

4.2.7.3 Período de diseño

Para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como período de diseño 25 años, según lo establecido en el Artículo 40 de la Resolución 0330 del Ministerio de vivienda y desarrollo territorial, 2017.

4.2.7.4 Contribuciones de aguas residuales

El volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación está integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017). Su estimación debe basarse, en lo posible, en información histórica de consumos o patrones de consumo, mediciones periódicas y evaluaciones regulares. Para su estimación en el diseño de

sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

4.2.7.4.1 Caudal de aguas residuales domésticas (QD)

Con el fin de llevar a cabo el cálculo del caudal de diseño de aguas residuales domésticas para cada uno de los tramos que conforman la red de alcantarillados de aguas residuales, la demanda de agua potable es vital para calcular dicho caudal de diseño, a través de un coeficiente de retorno. La demanda de agua potable se puede calcular siguiendo una de las tres siguientes metodologías: la proyección de la demanda de agua potable en el sector objeto del diseño; la proyección de los suscriptores en el área objeto del diseño y; en último caso, la proyección de la población en el área objeto del diseño teniendo en cuenta las densidades de saturación. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

En caso de que se cuente con la proyección de la demanda de agua potable, dentro de las estadísticas de la persona prestadora del servicio público de acueducto del municipio, el caudal de diseño de aguas residuales domésticas se calcula de acuerdo con la ecuación:

$$QD = CR \times DNETA \times A$$

Donde:

QD= Caudal de aguas residuales domesticas (L/s)

CR= Coeficiente de retorno (adimensional)

DNETA= Demanda neta de agua potable por unidad de área tributaria (L/s. ha)

A= Área tributaria de drenaje

En caso de que la proyección de la demanda de agua potable se haya hecho haciendo uso de la proyección de los suscriptores del servicio en el área objeto del proyecto del

sistema de alcantarillado, el caudal de diseño de aguas residuales domésticas se calcula de acuerdo con la ecuación:

$$QD = \frac{CR \times Ps \times DNETA}{30}$$

Donde:

QD= Caudal de aguas residuales domesticas (L/s)

CR= Coeficiente de retorno (adimensional)

Ps= Número de suscriptores proyectados al período de diseño (suscriptores)

DNETA= Demanda neta de agua potable por unidad de área tributaria (L/s. ha)

Como última opción, en caso de que no existan proyecciones de demanda de agua o proyecciones de suscriptores, el cálculo de caudal de diseño de aguas residuales domésticas se hace utilizando la proyección de población en la zona objeto del diseño. En caso de que se opte por esta última metodología, se debe utilizar la ecuación:

$$QD = \frac{CR \times P \times DNETA}{86400}$$

Donde:

QD= Caudal de aguas residuales domesticas (L/s)

CR= Coeficiente de retorno (adimensional)

P= Número de habitantes proyectados al período de diseño (hab)

DNETA= Demanda neta de agua potable por unidad de área tributaria (L/s. ha)

El coeficiente de retorno (CR) debe de estimarse a partir del análisis de información existente en la localidad y/o de mediciones de campo realizadas por la persona prestadora del servicio. De no contar con datos de campo, se debe tomar un valor de 0,85. (Ministerio de vivienda y desarrollo territorial, 2017).

4.2.7.4.2 Caudal de aguas residuales industriales (QI)

El consumo de agua industrial varía de acuerdo con el tipo y tamaño de la industria y los aportes de aguas residuales varían con el grado de recirculación de aguas, los procesos de pretratamiento y tratamiento. Debe hacerse la revisión de las captaciones de agua utilizadas por las industrias, las cuales no necesariamente provienen del acueducto; pero si pueden estar interesadas en utilizar el sistema de alcantarillado sanitario. En consecuencia, los aportes de aguas residuales industriales QI deben ser determinados para cada caso en particular, con base en información de censos, encuestas y consumos industriales, estimativos de ampliaciones y consumos futuros, a lo cual se suma la información de lo establecido en la Resolución La Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS

4.2.7.4.3 Caudal de aguas residuales comerciales (QC)

En caso de que en la zona objeto del diseño de la red de alcantarillado de aguas residuales existan zonas netamente comerciales, el caudal de aguas residuales comerciales debe justificarse a través de un estudio detallado, ya sea de los consumos actuales, de los suscriptores comerciales, a lo cual se suma la información de lo establecido en la Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, o la norma que la modifique o sustituya; ó con base en los consumos diarios por persona, número de personas en áreas comerciales y en coeficientes de retorno mayores que los de consumos domésticos, para aquellos casos en que no exista información comercial de consumos históricos. En caso de que en el área objeto del proyecto existan zonas mixtas, comerciales y residenciales, los caudales comerciales deben estimarse teniendo en cuenta la concentración comercial relativa a la concentración residencial, utilizando una contribución de caudal comercial

correspondiente a 0,5 L/s por ha comercial. Debe hacerse la revisión de las captaciones de agua utilizadas por el sector comercio, las cuales no necesariamente provienen del acueducto; pero si pueden estar interesados en utilizar el sistema de alcantarillado sanitario. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

4.2.7.4.4 Caudal de aguas residuales institucionales (QIN)

El consumo de agua de las diferentes instituciones varía de acuerdo con el tipo y tamaño de las mismas, dentro de las cuales pueden mencionarse escuelas, colegios y universidades, hospitales, hoteles, cárceles, etc. En el capítulo B.2 del Título B del RAS: “Sistemas de Acueducto”, se establece su estimación. Debe hacerse la revisión de las captaciones de agua utilizadas por el sector institucional, las cuales no necesariamente provienen del acueducto; pero si pueden estar interesados en utilizar el sistema de alcantarillado sanitario. En consecuencia, los aportes de aguas residuales institucionales QIN deben determinarse para cada caso en particular, con base en información de consumos de entidades similares registrados en la localidad. Sin embargo, para pequeñas instituciones ubicadas en zonas residenciales, los aportes de aguas residuales pueden estimarse en 0,5 L/s por ha institucional. El QIN debe ser estimado para las condiciones iniciales, QINi, y finales, QINf, de operación del sistema, de acuerdo con los planes de desarrollo previstos. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

“Caudal de aguas residuales no domésticas. Para zonas netamente industriales, comerciales e institucionales se deben elaborar análisis específicos de aportes de aguas residuales”. (Ministerio de vivienda y desarrollo territorial, 2017).

4.2.7.4.5 Caudal de aguas residuales por conexiones erradas (QCE)

Los aportes por conexiones erradas deben estimarse a partir de la información existente en la localidad. En ausencia de esta información deberá utilizar un valor máximo de 0,2 L/s. ha. (Ministerio de vivienda y desarrollo territorial, 2017).

4.2.7.4.6 Caudal por infiltración

El caudal de infiltración debe estimarse a partir de aforos en el sistema y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático con respecto a las cotas clave de las tuberías, las dimensiones, estado y tipo de tuberías, los tipos, número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de estructuras de conexión y demás estructuras de conexión y demás estructuras, y su calidad constructiva. Ante la ausencia de información, se debe utilizar un factor entre 0,1 y 0,3 L/s. ha, de acuerdo con las características topográficas, de suelos, los niveles freáticos y la precipitación de la zona del proyecto. Para situaciones en las cuales el nivel freático se encuentre por debajo del nivel de cimentación de la red, el caudal de infiltración podrá excluirse como componente del caudal de diseño. (Ministerio de vivienda y desarrollo territorial, 2017).

En el caso de ampliaciones de sistemas de alcantarillado de aguas residuales existentes, la infiltración para los tramos que conforman el sistema existente puede ser mayor que lo establecido en la anterior tabla, debido a la edad de las tuberías. En estos casos, debido a que los diámetros de las tuberías ya se conocen, los caudales de infiltración se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$QINF = C_i \times d \times L$$

Donde:

QINF= Caudal por infiltración (L/día)

C_i = Coeficiente de infiltración (L/día/mm/km). 2,5 si la tubería tiene una edad inferior a los 10 años, 5,0 si la tubería tiene una edad inferior a los 25 años y 10,0 si la tubería tiene una edad mayor a 25 años.

d = Diámetro real interno de la tubería (mm)

L = Longitud de la tubería (km)

4.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Alcantarillado:** Conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales o de las aguas lluvias. (RAS, 2017).
- **Aguas residuales:** Desecho líquido provenientes de residencias, edificios, instituciones, fábricas o industrias. (RAS, 2017).
- **Área tributaria:** Superficie que drena hacia un tramo o punto determinado. (RAS, 2017).
- **Cañuela:** Parte interior inferior de una estructura de conexión o pozo de inspección, cuya forma orienta el flujo. (RAS, 2017).
- **Coeficiente de rugosidad:** Parámetro que representa el efecto friccional del contorno del conducto sobre el flujo y en general depende del tipo de material del conducto. (RAS, 2017).
- **Colector principal:** Conducto cerrado circular, semicircular, rectangular, entre otros, sin conexiones domiciliarias directas que recibe los caudales de los tramos secundarios, siguiendo líneas directas de evacuación de un determinado sector. (RAS, 2017).
- **Conexiones erradas:** Contribución adicional de caudal debido al aporte de aguas pluviales en la red de aguas sanitarias y viceversa. (RAS, 2017).
- **Cota batea:** Nivel del punto más bajo de la sección transversal interna de una tubería o colector. (RAS, 2017).
- **Cota clave:** Nivel del punto más alto de la sección transversal externa de una tubería o colector. (RAS, 2017).
- **Emisario final:** Colectores cerrados que llevan parte o la totalidad de las aguas lluvias, sanitarias o combinadas de una localidad hasta el sitio de vertimiento o a las plantas de tratamiento de aguas residuales. En caso de aguas lluvias pueden ser colectores a cielo abierto. (RAS, 2017).

- **Estructura de conexión o estructura-pozo:** Estructura construida para la unión de uno o más colectores, con el fin de permitir cambios de alineamiento horizontal y vertical en el sistema de alcantarillado, entre otros propósitos. (RAS, 2017).
- **Tramos iniciales:** Tramos de colectores domiciliarios que dan comienzo al sistema de alcantarillado. (RAS, 2017).

4.4. MARCO CONTEXTUAL

4.1.1 Localización

Situado en el nordeste del país en el departamento de Cesar. La cabecera está situada a los 10° 20" 15" de latitud norte y 73° 10" 57" de longitud oeste, a 23 km³ de la capital departamental, Valledupar. Limita por el norte con Valledupar y La Paz, por el este y el sur con La Paz y por el oeste con Valledupar. El territorio es en su mayoría plano y hacia el este presenta terreno ondulado con alturas que alcanzan los 180 m sobre el nivel del mar, las cuales corresponden a las estribaciones de la serranía de los Motilones o Perijá. Sus tierras están comprendidas en los pisos térmicos cálido y templado. Tiene una extensión aproximada de 614 Kms² área que corresponden a 64.601 Has 7.337 M².



Figura 8. Localización del Departamento del Cesar

Fuente: Google maps, 2021

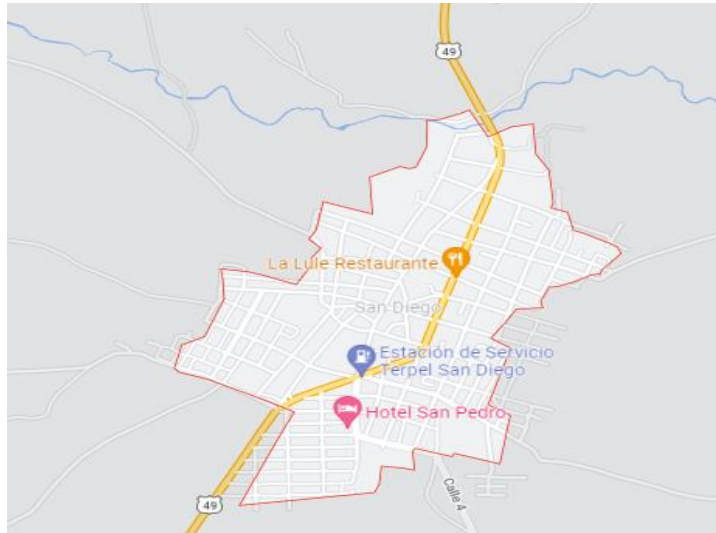


Figura 9. Localización del municipio de San Diego Cesar

Fuente: Google maps, 2021

4.1.1.1 Área urbana

Según el ordenamiento territorial el Municipio de San Diego cuenta con un casco urbano principal (cabecera municipal) y siete estructuras urbanas de segundo orden. El casco urbano principal alberga aproximadamente (10.300) habitantes, correspondiente al (50.01%) del total de la población municipal, que es de (18,722 habitantes) y el resto de la población se localiza en las áreas urbanas de segundo orden (cabeceras corregimentales) y en las zonas rurales, veredas en casas dispersas y en fincas. La cabecera municipal tiene un área 2.943 has 1.510 m² que corresponde a 4,55 % del porcentaje total.

4.1.1.2 Área rural

La cabecera corregimental tiene un área de 61.658 has 5.614 m² que corresponde al 95.45%. Esta se encuentra conformada por siete (7) corregimientos que son: (Media Luna, Tocaimo, El Rincón, Las Pitillas, Los Tupes, Los Brasiles y Nueva Flores) y veinte (20) veredas (Limal, San Vicente, Sin Pensar, San Benito, Los Barrancones, Felipito,

La Sierrita, Nuevo México, Sama Santa Isabel, Corralito, La boca del tigre, Las Mercedes, El Riecito, Los Tocos, Arroyo de Agua, Las Palomas, El Juncal, Sinaí, La Mina, Corral Negro).

4.1.1.3 Geología y suelos

El territorio municipal está compuesto de dos regiones, una zona plana y baja de altas temperaturas, ubicada en la llanura del Río Cesar en cuya cercanía se encuentran tierras anegadizas; muy idóneas para el desarrollo de agricultura tropical y ganadería. La otra región corresponde a la zona montañosa de las estribaciones de la Serranía de Perijá, donde están localizados los corregimientos de Tocaima, Media Luna y El Rincón y por naturaleza climática, tiene tierras propicias para la agricultura de climas medios.

La región de San Diego, está formada por terrazas cuaternarias, compuestas por materiales procedentes de paleozoico, vecino de la cordillera. Su suelo está constituido por capas predominantemente calcáreas, relativamente rico, aunque pobre en drenaje debido a las características impermeables de esta capa.

El municipio cuenta con un sistema fluvial constituido por un conjunto de caudales, afluentes la mayoría del Río Cesar. Entre los principales caudales están: El Chiriaimo, El Tocaimo, El Salado, El Perú, El Piccito, El Ceras y una ramificación de Acequias afluentes de estos caudales; además del Río Mocho, que marca límites con el territorio de La Paz.

4.1.1.4 Clima

En San Diego, los veranos son cortos, tórridos, bochornosos y secos; los inviernos son cortos, caliente, opresivos y mojados y está nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 22 °C a 37 °C y rara vez baja a menos de 21 °C o sube a más de 39 °C.

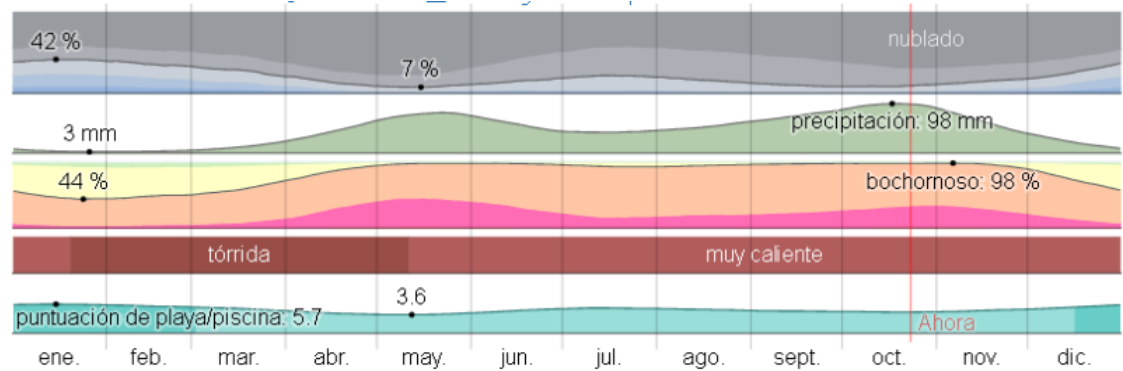


Figura 10. Tiempo por mes en San Diego

Fuente. Autores, 2021

4.1.1.5 Servicios públicos en los corregimientos

El sistema de acueducto presenta problemas en la cabecera del municipio debido a la deficiencia en el suministro del agua y en las redes del acueducto, la cobertura actual es del 95% y el número de viviendas con este servicio es de 1489. El sistema opera por gravedad, y obtienen su fuente de suministro del río Chiriáimo que comparte con la cabecera Municipal de La Paz.

A nivel rural, San Diego solo cuenta con una cobertura del 29.2% donde la población debe soportar un deficiente servicio, ya que no ha sido atendida oportunamente con inversión social.

El sistema de alcantarillado presta la recolección, conducción, tratamiento, disposición final, comercialización final. La cobertura del alcantarillado, es del 96% en lo urbano y 36% en lo rural.

El sistema de aseo en la cabecera municipal presta el servicio de recolección, transporte y comercialización. En el casco urbano la recolección es del 100% con una continuidad de dos veces por semana. En el área rural es inexistente

La energía eléctrica abarca una cobertura del 96% en la cabecera municipal de San Diego de 1.455 viviendas, son usuarios de este servicio 1.393 viviendas.

4.5. MARCO LEGAL

- **Constitución política de Colombia de 1991:** Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
- **Ley 09 de 1979:** Código Sanitario Nacional
- **Ley 99 de 1993:** Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.
- **Decreto 901 de 1997:** Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas.
- **Decreto 1594 de 1984:** Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
- **Decreto 1076 de 2015:** Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- **Resolución 0631 de 2015:** por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
- **RAS Título D 2016:** Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias.
- **Resolución 0330 de 2017:** Por la cual se adopta el reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.
- **Resolución 0075 de 2011:** Por el cual se adopta el formato de reporte sobre el estado de cumplimiento de la norma de vertimiento puntual al alcantarillado público

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1 Tipo De Investigación

El tipo de investigación que se utiliza para abordar el diseño del alcantarillado del corregimiento de Las Pitillas, es de tipo exploratoria, ya que ofrecen un primer acercamiento al problema que se pretende estudiar, conocer y dar solución.

5.2 Población

La investigación ha de realizarse en el corregimiento de Las Pitillas - Municipio de San Diego (Cesar), para lo cual se tendrá en cuenta un análisis demográfico con estimaciones de la población de la zona basadas en los últimos resultados arrojados por el DANE y las encuestas realizadas. De acuerdo con la proyección realizada la población beneficiada con el proyecto hoy es de 421 habitantes y al período de diseño 785 habitantes, de acuerdo con lo establecido en la tabla No. 3.

5.3 Muestra

Nuestra muestra representativa, es la población del corregimiento de Las Pitillas del municipio de San Diego, como fue necesario realizar el censo casa a casa, la muestra fueron todas las viviendas en total 102 viviendas. En este caso, el proyecto va dirigido a suplir una necesidad directa de la población rural de dicho municipio. El muestreo se aplicó mediante consulta directa a los hogares por ser una población pequeña y con particularidades especiales que ameritan conocimiento directo mediante visitas de observación.

6. DESARROLLO METODOLÓGICO

La metodología para seguir va de acuerdo a lo establecido en el reglamento Interno de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2017.

6.1 Etapa I: Recolección De La Información Necesaria Para El Diseño Del Sistema De Alcantarillado Sanitario

ACTIVIDAD 1.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En la primera actividad del proyecto se va a realizar, una revisión documental de diferentes investigaciones y estudios, que se han desarrollado a nivel nacional y departamental, que permitan afianzar los conocimientos teóricos y sea punto de partida, para el desarrollo de las siguientes actividades.

ACTIVIDAD 1.2. ESTUDIOS PREVIOS

En el desarrollo de la actividad 2 de la primera etapa del proyecto se realiza una descripción de las condiciones físicas del corregimiento de Las Pitillas, será necesario el análisis exhaustivo de la información proveída de entidades como el IDEAM, IGAC, CORPOCESAR y estudios previos en la zona de estudios, para poder especificar por criterio, teniendo en cuenta los lineamientos del RAS Título A Capítulo 7, donde se especifica el detalle de los estudios previos deberá quedar establecido en los términos de referencia para su elaboración y de acuerdo al nivel de complejidad del sistema, por lo tanto se tomaran los siguientes componentes:

- Climatología
- Topografía
- Recursos hídricos
- Características socioeconómicas
- Vías de acceso

ACTIVIDAD 1.3. ASIGNACIÓN DE NIVEL DE COMPLEJIDAD

Se recolectará información primaria tal como: número de viviendas, población actual del corregimiento, área total del proyecto, aspectos socioculturales, identificación de fuentes receptoras, teniendo en cuenta la información que reposa en las entidades como DANE que sirva como el soporte de esta información inicial, con respecto a la población parte del corregimiento.

Tabla 1. Asignación nivel de complejidad

Nivel de Complejidad del Sistema	Población en la zona urbana ² (habitantes)	Capacidad económica de los suscriptores ³
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Fuente: RAS, TITULO D

6.2. ETAPA II: ELABORAR LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO EN BASE A LOS LINEAMIENTOS DISPUESTOS EN EL REGLAMENTO TÉCNICO PARA EL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO (RAS)

ACTIVIDAD 2.1. DEFINIR PERIODO DE DISEÑO.

En la segunda fase del proyecto se van a presentar las alternativas de diseño que puedan ser aplicables para la recolección y evacuación de aguas residuales en el corregimiento de las Pitillas, para definir la etapa de diseño es fundamental el análisis de la primera etapa de las condiciones del área de influencia; teniendo en cuenta capacidad del sistema para atender la demanda futura, la densidad poblacional actual, las tasas de crecimiento de la proyección se hará teniendo en cuenta la selección del nivel de complejidad.

ACTIVIDAD 2.2. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

En esta actividad de la segunda etapa del proyecto y teniendo en cuenta la información recolectada anteriormente, se van a formular alternativas o metodologías de solución, con respecto al tratamiento de Aguas residuales de corregimiento de Las Pitillas, teniendo en cuenta lo estipulado en la Norma Técnica vigente: (Minvivienda, 2012)

- a. Favorecer el desarrollo por etapas.
- b. Considerar la integralidad de las cuencas hidrológicas y sanitarias.
- c. Aprovechar la infraestructura existente

ACTIVIDAD 2.3. ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO

En la etapa final se va a realizar la comparación de las alternativas, para su análisis de factibilidad, teniendo en cuenta el Literal A.8 del RAS: Título A (2000), el cual determina que El análisis de costo-eficiencia debe partir de las siguientes suposiciones:

- a. Que debe utilizarse la tasa social de descuento establecida
- b. Que los beneficios derivados de las alternativas estudiadas son los mismos
- c. Que los beneficios son mayores que los costos en cada alternativa

6.3. ETAPA III: DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA COMO LAS MÁS VIABLE TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL

4.3. Etapa III: Diseño de la alternativa seleccionada como la más viable técnica, económica y ambiental

ACTIVIDAD 3.1. CAUDAL DE DISEÑO

En el desarrollo de la segunda etapa del proyecto, se parte del análisis de la información de la etapa desarrollada anteriormente y teniendo en cuenta que se determinó previamente el periodo de diseño del proyecto, en base al nivel de complejidad del sistema, se procederá a estimar los volúmenes de aguas residuales aportadas, tales como:

- ✓ Caudal de aguas residuales domésticas (QD)
- ✓ Caudal de aguas residuales industriales (QI)
- ✓ Caudal de aguas residuales comerciales (QC)
- ✓ Caudal de aguas residuales institucionales (QIN)
- ✓ Caudal de aguas residuales por conexiones erradas (QCE)
- ✓ Caudales por infiltración (QINF)

Sin embargo, en el corregimiento de Las Pitillas no contara con el consumo de aguas industriales, porque en esta zona, no se hallan industrial que generen este tipo de contribución, por lo tanto los caudales que no sean generados se denominaran cero, finalmente y dándole valor a los diferentes tipos de caudales que puedan contribuir se hallaran estos valores de diseño:

- ✓ Caudal medio diario de aguas residuales
- ✓ Caudal máximo horario final
- ✓ Caudal de diseño

Finalmente, con esto se obtendrá el caudal de diseño por cada tramo de la red, se resalta que las formulas usadas para la estimación serán tomadas del Capítulo 3:

Redes de alcantarillado de aguas residuales, Título D del RAS.

ACTIVIDAD 3.2. DETERMINAR EL DIÁMETRO INTERNO Y VELOCIDAD MÍNIMA Y MÁXIMA DE LA TUBERÍA

En el diseño de las redes se debe determinar el diámetro interno adecuado de las tuberías , de acuerdo a las consideraciones del nivel de complejidad determinar anteriormente y el caudal de diseño , en el RAS (2012), establece que, el diámetro interno mínimo permitido en redes de sistemas de recolección de aguas residuales tipo alcantarillado de aguas residuales convencional es de 170 mm, y para el caso de alcantarillados en municipios con sistemas con niveles de complejidad medio y bajo, el diámetro interno mínimo es de 145 mm.

La comprobación de las velocidades dentro de la tubería, se estiman de acuerdo a los literales 3.3.9 RAS: Título D (2012)

ACTIVIDAD 3.3. PROFUNDIDADES DE INSTALACIÓN DE LAS TUBERÍAS

En la última actividad del proyecto se continua, teniendo en cuenta los datos obtenidos anteriormente y para la determinación de la profundidad de las tuberías, se tendrá en cuenta las indicaciones en el Título G RAS (2000), teniendo en cuenta aspectos de diseño los factores de seguridad.

7. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Para llevar a cabo los diseños de la red de alcantarillado del corregimiento de Las Pitillas - municipio de San Diego - Cesar, se hace necesario definir inicialmente una serie de parámetros que son de vital importancia en los diseños de los diferentes componentes de este, los cuales se establecieron a partir del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2016, resolución 0330 del 2017 y las diferentes investigaciones llevadas a cabo en este municipio.

7.1 ETAPA I: RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

En el desarrollo de nuestra investigación, recopilamos información a través de una encuesta de aplicación de los residentes de Las Pitillas la obtención de la información se hizo necesario realizar trabajo de campo, como son, visitas domiciliadas y entrevistas, que nos permitió conocer las condiciones en las que se encuentran los habitantes. A juzgar por la situación actual del Corregimiento, está compuesto por 102 viviendas y 421 habitantes. Las principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería.

7.1.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Considerando la visita domiciliaria en el pueblo de Las Pitillas, se puede observar el estado de la casa y el estado de la carretera. Existe evidencia de que las casas se encuentran en general en buenas condiciones, se encontró que entre las 102 casas registradas, el 45% fueron construidas con concreto y bloques, y el 55% fueron construidas con Baharek y madera. La mayoría son pisos interiores de concreto rústico y terrazas en tierra, los muros interiores se encuentran en buen estado y los muros exteriores son grises, igualmente la vía es 100% en terreno natural. De

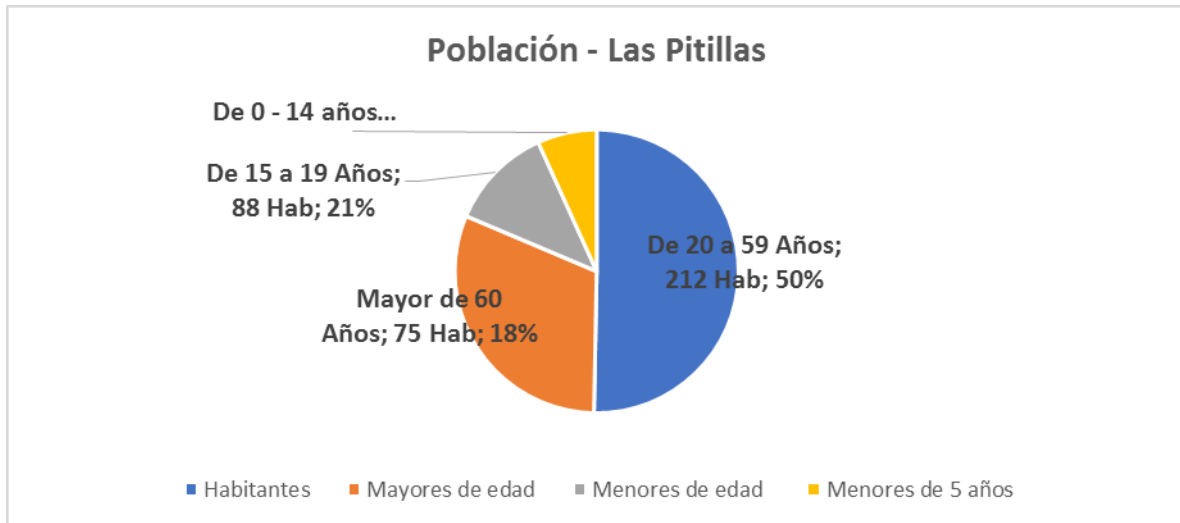
acuerdo al trabajo realizado en campo con las visitas domiciliarias en el diligenciamiento de las actas de censo de inmueble se logró identificar un impacto psicosocial en la comunidad de las Pitillas, mostrando un ambiente positivo frente al desarrollo del proyecto, la mayoría de personas de esta comunidad manifestaron la necesidad de esta obra, pues gracias a ésta se podrán solucionar diferentes inconvenientes presentes en la actualidad uno de ellos es el tratamiento a las aguas servidas y las aguas grises de las casas las cuales son vertida a las calles y/o a los patios sin ningún tipo de tratamiento, ocasionado inconvenientes de tipo social y ambiental.

Así mismo, las familias dieron a conocer que con la construcción y puesta en marcha del proyecto mitigarán las dificultades que tienen actualmente para suplir las necesidades básicas de su vivienda.

Descripción de usuarios:

Teniendo en cuenta que el proyecto se ejecuta en un sector rural se identificó los siguientes tipos de infraestructura: 1 Institución educativa, 1 puesto de salud, 1 capilla y 4 lotes. Durante las visitas a cada beneficiario, se inspecciona mediante observación directa la problemática actual, evaluando que la población de 20 a 59 años es la que predomina en el Municipio como lo denota la **gráfica 1**

Gráfica 1. Población de las Pitillas



Fuente: Autores, 2021

7.1.2 TOPOGRAFÍA

El área de estudio está compuesta principalmente por terrenos con relieves moderados y pendientes suaves representadas por las unidades geológicas; las zonas más elevadas sombreadas en tonalidades verdes corresponden a zonas montañosas cercanas al corregimiento.

Para la realización del levantamiento se utilizó los puntos Geodésicos 20750008 y 20750007 las coordenadas suministradas de la información IGAC tanto en medio físico y Datos correspondientes a cada punto, amarrando la poligonal principal a partir del punto Geodésico 20750008, rastreando el punto 20750007 y los Dos primeros puntos de la Poligonal Principal.

Para el levantamiento topográfico del corregimiento se inició un polígono Principal detallado a partir de los Puntos Geodésicos materializados de la red geodésica

7.1.3 PARÁMETROS DE DISEÑO

Una vez, realizadas la investigación de campo y los levantamientos topográficos llevada a cabo en el casco urbano del corregimiento de Las Pitillas; se puede conceputar que se requiere la construcción de un sistema de alcantarillados sanitario en el corregimiento de Las Pitillas en el municipio de San Diego, que involucre la integralidad del sistema, desde la recolección y transporte de las aguas residuales hasta el sistema de tratamiento de las mismas; por lo que se determina que por su naturaleza, el sistema de alcantarillado a diseñar será de tipo convencional.

Los diferentes parámetros utilizados en el presente proyecto relacionado con el sistema de recolección y transporte de aguas residuales del corregimiento Las Pitillas en el municipio de San Diego, se establecieron a partir de la resolución No. 0330 del 8 de junio de 2017 - Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, de información de población del departamento nacional de Planeación “DANE”, del Plan de Desarrollo municipal, y demás investigaciones de campo llevadas a cabo por los autores.

Tabla 2. Parámetros de diseño

PARAMETROS DE DISEÑO		
DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
POBLACION		
Población actual (2021)	421	Hab
Población futura (2045)	780	hab
Horizonte del proyecto	25	años
Altura sobre el nivel del mar	110.75	a.s.n.m
Área	11.92	ha
DENSIDAD		
D=hab/ha	65.44	hab/ha

D= hab/viv	5.00	hab/viv
Dotación	140	lts/seg
CAUDALES		
Caudal por Infiltración	0.10	Lts/seg-ha
Caudal por Conexiones Erradas	0.20	Lts/seg-ha
Coefficiente de Retorno	0.85	0.85
Esfuerzo cortante mínimo	0.10	kg/cm ²
Velocidad mínima	0.45	m/seg
Profundidad mínima a Cota Clave	1.20	m.
Profundidad máxima a la Cota Clave	5.0	m.
Diámetro interno mínimo de la Red	145	mm
Diámetro interno Conexiones Domiciliarias	99	mm
Coefficiente de Manning	0.009	
Coefficiente de Mayoración	1.40-3.80	

Fuente: Datos del estudio

7.1.4 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

En esta etapa después de estudios previos se trazó la disposición de la red de alcantarillado en el corregimiento, calculando las áreas de aporte a cada colector, para determinar el área total de aporte al sistema. Además de acuerdo con los criterios técnicos y económicos se elaboró el mapa de disposición de la red contemplado en la **Ilustración 1**.

No obstante, la viabilidad para la operación y el mantenimiento de la construcción del alcantarillado dependen de las características del proyecto y otros factores sociales como lo es garantizar la prestación de un servicio público a comunidades marginadas que no poseen ingresos para cubrir los costos por medio de tarifas. Cabe resaltar que incluso en proyectos donde se piensa proveer de un servicio

público subsidiado por parte del estado debe aplicarse de igual forma los criterios de costos mínimos, para garantizar una inversión óptima de recursos que si de solución al problema.

En otro orden de ideas, la alternativa de solución a la problemática va encaminada por la utilización de tecnologías que cuenten con una buena vida útil a buen precio para el periodo de diseño con el que se piensa hacer el proyecto, esto con el fin de traer beneficios debido a que se ahorra en costos de mantenimiento en proyectos destinados a poblaciones de bajos ingresos.

7.1.4.1 DESCRIPCIÓN DEL LIBRO DE CÁLCULOS PARA LAS REDES

El saneamiento básico hace parte del mejoramiento de la calidad de vida y del desarrollo de nuestro país. Por esto PAVCO buscando la contribución al crecimiento del país con nuevas tecnologías no solo ha desarrollado una propuesta de tuberías (NOVAFORT y NOVALOC) con las más novedosas tecnologías tanto de producción como de ingeniería del producto, conjugada con los mejores materiales. También ha ahondado en la elaboración de un libro de cálculo para el diseño de alcantarillado que se ajuste a las normas establecidas en el ámbito nacional y local. Considerando la versatilidad de dicho libro y su ajuste con la norma RAS-2000, los cálculos hidráulicos del presente estudio fueron realizados utilizando dicho libro.

Este libro de cálculo es una herramienta útil para el diseño hidráulico, el cálculo de cimentación y el análisis de cantidad de obra para los proyectos de alcantarillado sanitario, pluvial y combinado. Los datos pueden y deben ser modificados de acuerdo a sus requerimientos, pero no puede ser modificado el uso de las tuberías, es decir no puede ingresarse información referida a otros materiales diferentes a los fabricados por PAVCO S.A. ya que la hoja se encuentra ecuación da internamente.

Figura 9: Esquema de la hoja Menú



PAVCO S.A.
Una empresa AMANCO

CALCULO ALCANTARILLADO PLUVIAL

ADVERTENCIA **TIPO DE ALCANTARILLADO**

TUTORIAL

PLUVIAL **CANTIDAD DE OBRA DATOS**

SANITARIO **CANTIDAD DE OBRA TRAMOS**

PERFIL **CANTIDAD DE OBRA TOTAL**

CIMENTACIÓN **CANTIDAD DE TUBERÍA TOTAL**

Para realizar el diseño del alcantarillado el primer paso que se debe realizar es seleccionar el TIPO DE ALCANTARILLADO en la primera hoja de Menú, al escoger el tipo de alcantarillado se pasará automáticamente a la hoja correspondiente (pluvial o sanitario). Para los alcantarillados combinados debe introducir primero la información de la hoja pluvial y posteriormente introduzca las áreas en la hoja sanitario; priman las condiciones del alcantarillado pluvial. Para los alcantarillados separados es necesario utilizar dos hojas de cálculo independientes.

Figura 10: Selección del tipo de alcantarillado



CALCULO ALCANTARILLADO COMBINADO

ADVERTENCIA **TIPO DE ALCANTARILLADO**

TUTORIAL

PLUVIAL **CANTIDAD DE OBRA DATOS**

SANITARIO **CANTIDAD DE OBRA TRAMOS**

PERFIL **CANTIDAD DE OBRA TOTAL**

CIMENTACIÓN **CANTIDAD DE TUBERÍA TOTAL**

COMBINADO

COMBINADO

COMBINADO

Es indispensable definir el tipo de alcantarillado para que los datos sean mostrados en sus respectivas tablas, es decir si no selecciona el tipo de alcantarillado no podrá ver los datos en la hoja de cálculo. Adicionalmente, no se pueden eliminar las filas o columnas porque se dañan las ecuaciones de las otras hojas.

Para empezar el diseño de alcantarillado sanitario se deben ingresar los datos de contribuciones unitarias de la Zona del proyecto en el cuadro superior central de la hoja en las columnas

Figura 11: Tipo de contribución

Contribución l/s/ha	
Comercial y/o Industrial	
Institucional	
Vivienda	
Conexiones erradas	
Infiltración	

Al hacer clic, muestra los rangos

POBLACIÓN:

Esta es calculada a partir de los datos que deben ser suministrados por el diseñador en la tabla superior derecha de la hoja de cálculo en las columnas AC y AD: datos de población, número de habitantes por vivienda (# hab / viv), el número de estas por unidad de área (Dviv) o densidad de población (si se introducen los datos anteriores, esta celda es calculada), y la dotación per cápita en l/hab/día.

Figura 12: Datos de población

Datos de población	
# hab / viv	
Dviv (viv/ha)	
Dpob (hab/ha)	
d percápita	

TRAMO:

- En estas casillas se pone la identificación de cada uno de los tramos.
- En la columna inicial se pone un 1 para indicar que es un tramo inicial, en los otros tramos esta columna se deja vacía. En la columna B (DE) digite el número o letra de identificación de la cámara inicial y en la columna C (A) la información del final del tramo. Si son tramos continuos, la cámara inicial la toma por defecto cuando ingrese el dato de la cámara final siguiente.

ÁREA TRIBUTARIA

- **Área propia:** Escriba el valor del área aportada por el tramo en hectáreas (Ha), para cada uno de los tipos de áreas: Comercial, industrial, Institucional y vivienda
- **Otras:** son áreas aportadas por otros tramos que llegan al tramo en cuestión. Está formulado para que tome el valor del área acumulada del tramo anterior. Si es un pozo al que confluyen dos o más áreas se debe MODIFICAR la ecuación para que al final no solamente acumule el pozo inmediatamente anterior, sino los demás que aportan a ese tramo.
- **Área Acumulada:** Es la suma del área propia + otras.

7.1.4.2 DISEÑO HIDRÁULICO

- **Caudal medio diario:** calcula el caudal real a partir de las áreas acumuladas y las contribuciones unitarias de las áreas acumuladas Industrial, institucional y de vivienda.
- **Factor de mayoración (F):** Para estimar el caudal máximo horario, con base en el caudal medio diario, tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. El valor del factor disminuye en la medida en que el número de habitantes considerado aumenta, pues el uso del agua se hace cada vez más heterogéneo y la red de colectores puede contribuir cada vez más a amortiguar los flujos. La variación del factor de mayoración debe ser estimada a partir de mediciones de campo. Sin embargo, esto no es factible en muchos casos, por lo cual es necesario estimarlo con base en relaciones aproximadas como la de Harmon en la cual se estima F en función del número de habitantes. El rango de este valor está entre 2.0 y 3.0.

$$F = \frac{3.5}{P^{0.10}}$$

- **Caudal máximo horario (QMH):** Se estima a partir del caudal medio diario, mediante el uso del factor de mayoración, F.
- **Caudales por conexiones erradas e infiltración (QCE y QINF):** son calculadas a partir de las áreas tributarias y las contribuciones definidas anteriormente.
- **Caudal de diseño (QD):** Se estima como la suma de QMH+QCE+QINF. Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a 1,5 l/s, debe adoptarse este valor como caudal de diseño.
- **Longitud:** ingrese la longitud horizontal del tramo de centro a centro de pozo.
- **Pendiente:** ingrese la pendiente del tramo en porcentaje (%).
- **Diámetro Nominal:** ingrese el diámetro nominal de tuberías para alcantarillado PAVCO, por defecto se toma el diámetro mínimo que, según RAS 2000, es de 200 mm S8, este diámetro debe ser modificado por el diseñador cuando $q/Q > 0.85$, aumentando al diámetro comercial siguiente. Se debe tener en cuenta que para ingresar diámetros de la línea NOVAFORT debe hacerse en milímetros (mm) especificando el tipo de tubería (serie 8 o serie 4) y los de la línea NOVALOC debe hacerse en pulgadas (pulg), porque de lo contrario la hoja estará tomando valores erróneos. Únicamente se puede ingresar los valores de las tuberías fabricadas por PAVCO SA, las características de las tuberías que se pueden utilizar para realizar los diseños se muestran a continuación en la tabla 16.

Tabla 16: Tabla de las características de las tuberías disponibles.

DATOS DE TUBERIA W-Reten, NOVALOC, NOVAFORT										
Diámetro Nominal	Diámetro Interno mm	Diámetro Externo m	Rigidez		Bd m	n	Long efec	Norma	Nombre	
			psi	Kg/m ²						
4	pulgadas	100.70	0.11	46.00	32348.80	0.51	0.009		NTC-1748	W-Reten
6	pulgadas	151.60	0.16	28.00	19690.58	0.56	0.009		NTC-1748	W-Reten
8	pulgadas	203.20	0.21	28.00	19690.58	0.61	0.009		NTC-1748	W-Reten
10	pulgadas	253.90	0.27	28.00	19690.58	0.67	0.009		NTC-1748	W-Reten
12	pulgadas	302.30	0.32	28.00	19690.58	0.72	0.009		NTC-1748	W-Reten
24	pulgadas	595.12	0.63	10.00	7032.35	1.05	0.010	6.50	NTC-5070	NOVALOC
27	pulgadas	671.01	0.71	10.00	7032.35	1.15	0.010	6.50	NTC-5070	NOVALOC
30	pulgadas	747.01	0.79	10.00	7032.35	1.20	0.010	6.50	NTC-5070	NOVALOC
33	pulgadas	823.09	0.86	10.00	7032.35	1.26	0.010	6.50	NTC-5070	NOVALOC
36	pulgadas	899.03	0.95	10.00	7032.35	1.35	0.010	6.50	NTC-5070	NOVALOC
39	pulgadas	974.98	1.03	10.00	7032.35	1.46	0.010	6.50	NTC-5070	NOVALOC
42	pulgadas	1050.93	1.10	10.00	7032.35	1.50	0.010	6.50	NTC-5070	NOVALOC
45	pulgadas	1127.00	1.18	10.00	7032.35	1.78	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
48	pulgadas	1202.94	1.27	10.00	7032.35	1.87	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
51	pulgadas	1295.00	1.36	10.00	7032.35	1.96	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
54	pulgadas	1355.09	1.42	10.00	7032.35	2.02	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
60	pulgadas	1507.24	1.58	8.00	5625.88	2.18	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
110-S8	mm	99.00	0.11	57.00	40084.39	0.50	0.009	5.92	NTC-3722-1 S8	NOVAFORT
160-S8	mm	145.00	0.16	57.00	40084.39	0.60	0.009	5.91	NTC-3722-1 S8	NOVAFORT
200-S8	mm	182.00	0.20	57.00	40084.39	0.60	0.009	5.91	NTC-3722-1 S8	NOVAFORT
250-S8	mm	227.00	0.25	57.00	40084.39	0.65	0.009	5.88	NTC-3722-1 S8	NOVAFORT
315-S8	mm	284.00	0.32	57.00	40084.39	0.75	0.009	5.88	NTC-3722-1 S8	NOVAFORT
400-S8	mm	362.00	0.40	57.00	40084.39	0.80	0.009	5.85	NTC-3722-1 S8	NOVAFORT
450-S8	mm	407.00	0.45	57.00	40084.39	0.85	0.009	5.79	NTC-3722-1 S8	NOVAFORT
500-S8	mm	452.00	0.50	57.00	40084.39	0.90	0.009	5.76	NTC-3722-1 S8	NOVAFORT
200-S4	mm	185.00	0.20	28.00	19690.58	0.60	0.009	5.88	NTC-3722-1 S4	NOVAFORT
250-S4	mm	231.00	0.25	28.00	19690.58	0.65	0.009	5.87	NTC-3722-1 S4	NOVAFORT
315-S4	mm	291.00	0.32	28.00	19690.58	0.72	0.009	5.81	NTC-3722-1 S4	NOVAFORT
355-S4	mm	328.00	0.36	28.00	19690.58	0.76	0.009	5.81	NTC-3722-1 S4	NOVAFORT
400-S4	mm	370.00	0.40	28.00	19690.58	0.80	0.009	5.77	NTC-3722-1 S4	NOVAFORT
24-S4	pulgadas	595.00	0.66	28.00	19690.58	1.06	0.009	5.65	NTC-3722-1 S4	NOVAFORT
27-S4	pulgadas	670.00	0.73	28.00	19690.58	1.13	0.009	5.61	NTC-3722-1 S4	NOVAFORT
30-S4	pulgadas	747.00	0.81	28.00	19690.58	1.21	0.009	5.55	NTC-3722-1 S4	NOVAFORT

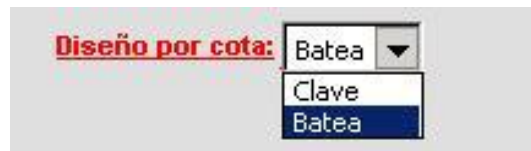
- **Diámetro Interior:** es el diámetro interior del diámetro nominal elegido.
- **n:** el valor del coeficiente de Manning de acuerdo al diámetro nominal elegido. Para tuberías NOVAFORT es de 0.009 y NOVALOC de 0.010.
- Los valores de V, Q, q/Q, v, Y, y/d, F, t se calculan de la misma forma que se mostró para el alcantarillado pluvial. En el caso de incumplirse alguno de estos valores la celda se pondrá de color amarillo y le indicará que debe modificar el diámetro o la pendiente. Los valores límites son:

- La velocidad mínima es de 0.45m/s y la velocidad máxima es de 5 m/s, aunque el RAS 2000 (B.3.2.8) permite que valores mayores sean justificados. Las tuberías de PAVCO trabajan a velocidades hasta de 10 m/s.
- La relación q/Q debe ser menor o igual a 0.85.
- La relación Y/d deber ser menor o igual al 85%.
- El esfuerzo cortante debe ser mayor igual de 0.15 Kg/m².

7.1.4.3 PERFIL HIDRÁULICO

Para el diseño inicialmente se debe seleccionar con qué tipo de cota se desea hacer los cálculos, con cota clave o cota batea (Ver Figura 13)

Figura 13: Selección del tipo de diseño



Dependiendo de la selección anterior, ingresa las cotas clave o batea y el programa calcula la otra.

- **Cota clave o batea:** es la cota clave o batea de la tubería cuando sale (superior) y llega (inferior) a la cámara o pozo. Se ingresa la cota batea o clave de los tramos iniciales y la hoja calcula los demás con base en los diámetros, longitudes y pendientes de la hoja de alcantarillado ya sea sanitario o pluvial. Cuando hay dos tramos consecutivos, la cota batea de salida de uno es la cota batea de llegada del anterior menos una caída en la cámara o pozo. Dicha caída se calcula conservando la energía entre los dos tramos. La hoja de cálculo esta ecuación da para que tome la cota batea del tramo inmediatamente anterior y sea con este tramo con el que se haga la conservación de energía; para los casos en los que a un pozo lleguen más de un tramo, se debe MODIFICAR la ecuación para que se tome la cota batea del tramo más bajo y con mayor caída por conservación de energía.

- **Cota rasante:** Es la cota del terreno
- **Tipo de rasante:** Debe introducir este dato, como un número entero entre 1 y 4, al seleccionar la casilla se despliega un cuadro con las opciones (Ver Figura 14).

Figura 14: Especificación de Tipo de rasante

Tipo de rasante	Recubrimiento ≥ 0.90 m	
1, 2, 3 ó 4	Super	Infer
1	0.90	1.06
1	1.05	1.16
1	1.20	0.90
1	Pavimento 1	0.90
1	Afirmado 2	0.90
1	Andén 3	0.90
1	Zona Verde 4	1.49
1	0.80	0.97
1	1.55	1.58

- **Recubrimiento:** Calcula la profundidad a la que va a quedar enterrada la tubería (profundidad a la clave) y debe estar entre 5 m (máximo) y 0.90 m (recomendado) dependiendo del tipo de rasante. Esta celda se resaltará si el valor no es adecuado. Para los casos donde la tubería quede recubierta menos de los 0.90 m hasta los 0.60 m, debe especificarse una cimentación especial.
- **Pozo repetido:** Esta casilla le informa con el número 1, si al pozo inicial está llegando más de un tramo. Si esto ocurre debe MODIFICAR la ecuación para que se tome la cota batea del tramo más bajo y con mayor caída por conservación de energía. Si en la casilla aparece el error #N/A, quiere decir que a este pozo solamente llega una tubería o es un pozo inicial.
- **Cabeza de energía** $\left(\frac{v^2}{2g}\right)$ = Calcula la cabeza energía en ese tramo.
- **Energía Especifica:** Es la cabeza de energía + la altura de la lámina de agua.

- **Alineamiento:** Es la pendiente del terreno en %, calculada como

$$\frac{CotaRasanteSup - CotaRasanteInf}{Distancia} * 100$$

- **Pérdidas de energía:** Las pérdidas en el colector principal por efectos de la unión con otros o por cambios de dirección. Para esto se calcula una cota clave sugerida. La metodología se describe a continuación (Tomado de Pérez Rafael, 1988):

- **Régimen subcrítico**

Perdida de energía por cambio de dirección del colector principal (HC):

Según la relación rc/ϕ , donde rc es el radio de curvatura y ϕ el diámetro.

Caída en la batea de la estructura (Hp): Es la diferencia de las cotas de energía del colector de salida y el colector principal que llega.

Perdida de energía por intersección (He)

Diferencias de energías (HE): Diferencia entre las energías específicas del colector salida y del colector principal que llega a la estructura pozo.

$$H_p = H_C - H_e$$

$$H_e = H_E + 0.2 (H_{v2} + H_{v1})$$

- **Regimen supercrítico**

Dependiendo del caudal y el diámetro de la tubería de salida puede o no sumergirse la entrada de esta, y dependiendo de la situación el comportamiento hidráulico y por ende el cálculo es diferente. Cuando la entrada no se sumerge se puede usar la ecuación:

$$\frac{H_w}{\phi} = K \left(\frac{H_c}{\phi} + \frac{H_e}{\phi} \right)$$

Válida para valores de

$$\frac{Q_d}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} < 0.62$$

Donde,

H_c= Energía específica para las condiciones de flujo crítico

$$H_c = Y_c + \frac{Vc^2}{2g}$$

H_e= Incremento de la cabeza debido a las pérdidas y que empíricamente se ha encontrado igual a:

$$\frac{H_e}{\phi} = 0.589 \left(\frac{Qd}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} \right)^{2.67}$$

K= Coeficiente que depende de la relación entre el diámetro del pozo y el diámetro de la tubería.

$$K = 1.2 \text{ para } \frac{\text{DiámetroPozo}}{\text{DiámetroTubería}} > 2.0 \quad \text{y} \quad K = 1.5 \text{ para } \frac{\text{DiámetroPozo}}{\text{DiámetroTubería}} < 1.3$$

Cuando la entrada se sumerge la ecuación ajustada al fenómeno es:

$$\frac{H_w}{\phi} = K \left[0.70 + 1.91 \left(\frac{Qd}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} \right)^2 \right] \text{ Cuando } \frac{Qd}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} > 0.62$$

En caso de resultar H_e negativo, no se tendrá en cuenta para el cálculo de la caída de la batea de la estructura porque equivaldría a una elevación de la misma del colector de salida con respecto al colector de entrada. Las cotas de energía de los colectores afluentes, serán iguales o mayores a la cota de energía del colector de salida del pozo, una vez restadas las pérdidas.

7.1.4.4 ANALIS DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Analizadas las diversas opciones para el planteamiento de un nuevo sistema de tratamiento y con el fin de cumplir con los parámetros establecidos para el vertimiento conforme la resolución 631/2015, y que, al tiempo, genere el menor costo operativo del sistema de tratamiento. El vertimiento de las aguas servidas descargara inicialmente a un cuerpo superficial de aguas escorrentías, el cual descarga en el Rio Cesar. Para el tratamiento se tiene lo siguiente:

Dado que los terrenos existentes tienen altas pendientes y que existe gran dificultad en la obtención de predios, en el presente análisis de alternativas, se descarta la implementación de sistemas de tratamiento con base de lagunas de oxidación.

Se evaluaron dos alternativas para el tratamiento de las aguas servidas: sistema compuesto por un reactor UASB + filtro biológico, sedimentador y para cada uno de tratamiento, se propone una unidad complementaria, la cual consiste en un lecho de secado de lodos, un segundo sistema de lodos activados con aireación extendida acompañado con un sedimentador y lecho de secado de lodos un tercer sistema compuesto por un tanque séptico y un campo de oxidación. Seguidamente se detallan varios procesos y la manera en que aumentan la eficiencia. La combinación final será producto de los diseños definitivos para el diseño de la planta de tratamiento. Los siguientes procesos pueden llevarse a cabo en plantas convencionales o plantas compactas.

Pretratamiento. Busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos, y preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Incluye equipos tales como rejillas, tamices, desarenadores y desengrasadores.

Tratamiento primario o tratamiento físico-químico: busca reducir la materia suspendida por medio de la precipitación o sedimentación, con o sin reactivos, o por medio de diversos tipos de oxidación química.

Tratamiento secundario o tratamiento biológico: se emplea de forma masiva para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos físico-químicos. Suele aplicarse tras los anteriores. Consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. Ambos sistemas producen fangos en mayor o menor medida que, a su vez, ser tratados para su reducción, acondicionamiento y destino final.

Tratamiento terciario, de carácter físico-químico o biológico: Desde el punto de vista conceptual no aplica técnicas diferentes que los tratamientos primarios o secundarios, sino que utiliza técnicas de ambos tipos destinadas a pulir o afinar el vertido final, mejorando alguna de sus características. Si se emplea intensivamente pueden lograr hacer el agua de nuevo apta para el abastecimiento de necesidades agrícolas, industriales, e incluso para potabilización (reciclaje de efluentes).

Para el análisis de alternativas se establecerá un comparativo entre tres sistemas de tratamientos:

1. Sistema anaerobio UASB seguido de Filtro Biológico
2. Sistema de Lodos Activados en su modalidad de Aireación Extendida.
3. Tanque séptico y campo de oxidación

De acuerdo a los resultados obtenidos, se plantea como alternativa de tratamiento un sistema compuesto por un **reactor UASB seguido de un filtro Biológico**. Se adicionarán otros componentes como: rejilla, cribado, lecho de secado de lodos y un sedimentador secundario.



Ilustración 2. Disposición de la Red de Alcantarillado
Fuente. Autores, 2021

7.1.4.5 ETAPA III: DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA COMO LAS MÁS VIABLE TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL

Una vez recolectada la información de la topografía y los parámetros de diseño de acuerdo con el nivel de complejidad del sistema se realiza el diseño de la PTAR para el corregimiento.

7.1.4.5.1 PROYECCIÓN FUTURA

Para el estudio y proyección de la población se consultó la información sectorial de la secretaria de Planeación de la alcaldía municipal y del SISBEN de la Alcaldía Municipal y el censo de vivienda y población realizado por los autores; posteriormente se proyecta la población con las tasas de crecimiento para el

departamento del Cesar, establecidas por el DANE, para cada método hasta el año 2045.

La clasificación del proyecto depende de la población en la zona urbana proyectada al periodo de diseño, la capacidad económica y del grado de exigencia técnica que requiera para el desarrollo del proyecto.

Teniendo en cuenta la información existente recopilada y con base en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico “RAS”, actualizado y adoptado mediante resolución No. 0330 del 8 de junio de 2017, se calcula la proyección de población del corregimiento de Las Pitillas en el municipio de San Diego, hasta el año 2045, definido como año horizonte del proyecto.

Calcular la población futura al horizonte del proyecto del sistema de alcantarillado para determinar el caudal domestico de aporte.

Para el análisis de la población futura se aplican los métodos de proyección aritmético, geométrico y exponencial, de acuerdo con los lineamientos del RAS; los métodos se describen a continuación, para finalmente prestar los resultados de los mismos.

- **Método Aritmético.** Este método asume que la población crece en un número fijo de habitantes para cada período en el futuro, situación que se presenta en pequeñas localidades en donde su crecimiento es muy estabilizado con áreas de desarrollo casi nulas, en las cuales el crecimiento vegetativo se balancea por la mortalidad y la emigración. La población futura aplicando este método se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

$$K = (P1 - P_0)/M$$

$$P = P1 + K * N$$

Ecuación 1. Método aritmético

En donde:

- M = Período intercensal entre los censos P1 y P0
- P1 = Población correspondiente al último censo
- P0 = Población correspondiente al censo anterior
- K = Constante o rata de crecimiento aritmético
- P = Población al final del período de diseño
- N = Período de años entre el último censo y el año del período de diseño.

- **Método Geométrico.** Este método se aplica a poblaciones que no han alcanzado su desarrollo y crecen manteniendo un porcentaje uniforme obtenido de los períodos pasados. La población futura aplicando este método se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

$$P = P_1 \cdot (1+R)^N$$

$$R = (P_1/P_0)^{(1/(T_1-T_0))} - 1 \quad \text{Ecuación 2. Método Geométrico}$$

En donde :

- P = Población al final del período de diseño
- P₁ = Población correspondiente al último censo
- P₀ = Población correspondiente al censo anterior
- T₁ = Año correspondiente al censo de población P₁
- T₀ = Año correspondiente al censo de población P₀
- N = Período de años entre el último censo y el año del período de diseño
- R = Constante o rata de crecimiento geométrico

- **Método exponencial:** La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \times e^{kx(T_f - T_{ci})}$$

Ecuación 3. Método exponencial

En donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$K = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

En donde:

P_{cp} = Población del censo posterior

P_{ca} = Población del censo anterior

T_{cp} = Año correspondiente al censo posterior

T_{ca} = Año correspondiente al censo anterior

Ln = Logaritmo natural o neperiano.

Tabla 3. Proyección de Población

N°	AÑO	Método Aritmético	Método Geométrico	Promedio (hab)	Población proyecto (hab)
0	2021	421	421	421	421
1	2022	461	429	445	445
2	2023	501	438	470	470
3	2024	541	447	494	494
4	2025	581	456	518	518
5	2026	611	465	538	538
6	2027	641	473	557	557
7	2028	671	482	576	576
8	2029	701	490	596	596
9	2030	731	499	615	615
10	2031	751	508	630	630
11	2032	771	516	644	644
12	2033	791	525	658	658
13	2034	811	533	672	672
14	2035	831	541	686	686
15	2036	841	550	696	696
16	2037	851	558	704	704
17	2038	861	566	713	713

18	2039	871	574	722	722
19	2040	881	582	731	731
20	2041	891	590	740	740
21	2042	901	597	749	749
22	2043	921	605	758	758
23	2044	941	613	767	767
24	2045	961	621	776	776
25	2046	981	629	785	785

Fuente: Autores, 2021

Después de proyectar la población optamos por una población promedio, dado que estos métodos su aplicación está permitida por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico “RAS”, de acuerdo con la capacidad económica y del grado de exigencia técnica que requiere el desarrollo del proyecto en el corregimiento de Las Pitillas.

Además, son recomendados para poblaciones de estas características ya que poseen áreas de expansión importante, las cuales pueden ser dotada, sin mayores dificultades, de la infraestructura de servicios públicos dado que son poblaciones con desarrollo futuro.

7.1.4.5.2 DOTACIÓN

La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante, sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. Según el artículo 43 del RAS-2017, se establece la Dotación neta máxima de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar, en que se encuentra el proyecto.

Tabla 4. Dotación neta según RAS 2017

Altura m.s.n.m.	Dotación neta máxima
	(L/hab-día)
< 1000	140
1000 - 2000	130
> 2000	120

Cota proyecto	108	m.s.n.m.
Dotación neta máxima asumida	140	lt/hab-día

Fuente. Datos del proyecto

El nivel de complejidad correspondiente a Las Pitillas en la zona urbana es bajo, y se adopta en la

Ilustración 3.

Ilustración 3. Nivel de complejidad del sistema

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (1) (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios(2)
Bajo < 2500 Baja	Bajo < 2500 Baja	Bajo < 2500 Baja
Medio 2501 a 12500 Baja	Medio 2501 a 12500 Baja	Medio 2501 a 12500 Baja
Medio Alto 12501 a 60000 Media	Medio Alto 12501 a 60000 Media	Medio Alto 12501 a 60000 Media
Alto > 60000 Alta	Alto > 60000 Alta	Alto > 60000 Alta

Fuente. Ras, 2017

7.1.4.5.3 CAUDALES DE DISEÑO

Las normas RAS-2017 conforme al artículo 166 establecen de manera precisa los siguientes parámetros para la definición de los caudales de diseño de los sistemas de tratamiento:

Ilustración 4. Caudales de diseño para tratamiento de aguas residuales según RAS 2017

Caudal	Descripción	Aplicación
Caudal medio de diseño	Caudal medio diario de capacidad de la PTAR	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal medio de referencia - Caudal de diseño de unidades de tanques sépticos - Sistemas lagunares
Caudal máximo horario	Máximo volumen en una hora, identificado en los registros estudiados	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensionamiento de sistemas de bombeo, procesos físicos (desarenadores, cribados, trampas de grasa y sedimentadores primarios y secundarios) - Desarrollo de estrategias operativas - Conductos de interconexión de unidades de proceso
Caudal máximo diario	Máximo volumen en un día, identificado en los registros estudiados	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensionamiento de tanques de regulación - Dimensionamiento de sistemas de bombeo de lodos - Dimensionamiento de dosificación química
Caudal máximo mensual	Caudal promedio diario para el mes con el mayor volumen mensual identificado en los registros estudiados	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensionamiento de bioreactores. - Dimensionamiento del almacenamiento de químicos

Fuente. Ras, 2017

7.1.4.5.3.1 CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS (QD)

El cálculo de caudal de diseño de aguas residuales domésticas se hace utilizando la proyección de población en la zona objeto del diseño.

$$Q_D = \frac{C_R \times P \times D_{NETA}}{86400}$$

Ecuación 4. Caudal de aguas residuales domesticas

$$Q_D = \frac{0,8 \times 421\text{Hab} \times \frac{140\text{L}}{\text{hab}}/\text{dia}}{86400} = 0,54 \text{ L/s}$$

Donde,

Q_D : Caudal de aguas residuales domésticas (L/s)

C_R : Coeficiente de retorno (adimensional)

P: Número de habitantes proyectados al período de diseño (hab)

D_{NETA}: Demanda neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab/día)

7.1.4.5.3.2 CAUDAL MEDIO DE AGUAS RESIDUALES

El caudal medio diario de aguas residuales ($Q_{M_{AR}}$), para un tramo con un área de drenaje dada, es la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales.

$$Q_{M_{AR}} = Q_{MD} + Q_I + Q_C + Q_{IN}$$

$$Q_{M_{AR}} = 0,545 \frac{L}{s} + 0,4 + 0,4 + \frac{5,96L}{s} = 7,3 \text{ L/s}$$

Ecuación 5. Ecuación para determinar el Caudal medio

Donde:

$Q_{M_{AR}}$: Caudal Medio Aguas Residuales

Q_{MD} : Caudal Medio doméstico

Q_I : Caudal industrial

Q_C : Caudal comercial

Q_{IN} : Caudal institucional

Las localidades en estudio, son asentamientos rurales, los cuales no tienen zonas comerciales, industriales e institucionales que aporten algún caudal importante de aguas residuales al sistema de alcantarillado. El caudal medio diario (Q_{MD}) solo es de origen doméstico.

Caudal de agua residuales por conexiones erradas (Q_{CE})

La norma RAS-2017 conforme al artículo 166 establece, que el caudal de diseño para sistemas de tratamiento de aguas residuales no se toma en cuenta.

7.1.4.5.3.3 CAUDAL POR INFILTRACIÓN (Q_{INF})

Es inevitable la infiltración de aguas superficiales a las redes de sistemas de alcantarillado de aguas residuales, principalmente freáticas, a través de fisuras en las tuberías, en juntas hechas deficientemente, en la unión de tuberías con cámaras de inspección y demás estructuras, y en estos elementos cuando no son completamente impermeables.

La norma RAS-2017 conforme al artículo 166 establece para el diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales un caudal de infiltración de 0.10 L/s-ha, aplicado al área de aferencia del alcantarillado. En las memorias del diseño de las redes de Alcantarillado, nos muestra un cálculo de área aferente de **11.92 hectáreas**

7.1.4.5.3.4 FACTORES DE MAYORACIÓN

La norma RAS-2017 conforme al artículo 166, establece los factores de pico para el diseño de tratamiento de aguas residuales, el caudal máximo horario (QMH), máximo diario (QMD) y máximo mensual (QMM), cuando no hay datos histórico

Ilustración 5. Factores pico para caudales de AR según RAS 2017

Rango de caudales (l/s)	Factor máximo horario	Factor máximo diario	Factor máximo mensual
0 - 10	4	3	1,7
Los valores de los factores máximos horario, diario y mensual para caudales entre 10 y 90 l/s se interpolarán linealmente			
90	2,9	2,1	1,5
Los valores de los factores máximos horario, diario y mensual para caudales entre 90 l/s y 700 l/s se interpolarán linealmente.			
Mayor a 700	2	1,5	1,2

Fuente. Ras, 2017

7.1.4.5.3.5 CAUDAL MEDIO DE DISEÑO AGUAS RESIDUALES:

$$Q_{MdAR} = Q_{MAR} + Q_{INF}$$

Donde:

Q_{MAR} : Caudal Medio Aguas Residuales

Q_{INF} : Caudal por infiltración

7.1.4.5.3.6 CAUDAL MÁXIMO HORARIO AGUAS RESIDUALES:

$$Q_{MHAR} = Q_{MAR} \times 4 + Q_{INF}$$

7.1.4.5.3.7 CAUDAL MÁXIMO DIARIO AGUAS RESIDUALES:

$$Q_{MDAR} = Q_{MAR} \times 3 + Q_{INF}$$

7.1.4.5.3.8 CAUDAL MÁXIMO MENSUAL AGUAS RESIDUALES:

$$Q_{MMAR} = Q_{MAR} \times 1.7 + Q_{INF}$$

A continuación, se presenta la tabla de proyección de población y caudales en el periodo de diseño de la PTAR del corregimiento Las Pitillas.

Tabla 5. Cálculo de Caudales en el periodo de diseño

AÑO	POBL.	POBLA. FLOT.	POBLA. TOTAL	Qneta	QMAR	AREA	QINF	QMdAR	QM HAR	QMDAR	QMNAR
	Hab	hab	hab	L/hab-días	L/S	ha	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S
2021	421	43	464	140	0.64	11.92	1.19	1.83	3.75	3.11	2.28
2022	424	43	467	140	0.64	11.92	1.19	1.83	3.75	3.11	2.28
2023	426	43	469	140	0.65	11.92	1.19	1.84	3.79	3.14	2.30
2024	428	43	471	140	0.65	11.92	1.19	1.84	3.79	3.14	2.30
2025	430	43	473	140	0.65	11.92	1.19	1.84	3.79	3.14	2.30
2026	432	44	476	140	0.66	11.92	1.19	1.85	3.83	3.17	2.31
2027	434	44	478	140	0.66	11.92	1.19	1.85	3.83	3.17	2.31
2028	436	44	480	140	0.66	11.92	1.19	1.85	3.83	3.17	2.31

2029	439	44	483	140	0.67	11.92	1.19	1.86	3.87	3.20	2.33
2030	441	45	486	140	0.67	11.92	1.19	1.86	3.87	3.20	2.33
2031	443	45	488	140	0.67	11.92	1.19	1.86	3.87	3.20	2.33
2032	445	45	490	140	0.67	11.92	1.19	1.86	3.87	3.20	2.33
2033	447	45	492	140	0.68	11.92	1.19	1.87	3.91	3.23	2.35
2034	450	45	495	140	0.68	11.92	1.19	1.87	3.91	3.23	2.35
2035	452	46	498	140	0.69	11.92	1.19	1.88	3.95	3.26	2.36
2036	454	46	500	140	0.69	11.92	1.19	1.88	3.95	3.26	2.36
2037	456	46	502	140	0.69	11.92	1.19	1.88	3.95	3.26	2.36
2038	459	46	505	140	0.70	11.92	1.19	1.89	3.99	3.29	2.38
2039	461	47	508	140	0.70	11.92	1.19	1.89	3.99	3.29	2.38
2040	463	47	510	140	0.70	11.92	1.19	1.89	3.99	3.29	2.38
2041	466	47	513	140	0.71	11.92	1.19	1.90	4.03	3.32	2.40
2042	468	47	515	140	0.71	11.92	1.19	1.90	4.03	3.32	2.40
2043	470	47	517	140	0.71	11.92	1.19	1.90	4.03	3.32	2.40
2044	473	48	521	140	0.72	11.92	1.19	1.91	4.07	3.35	2.41
2045	475	48	523	140	0.72	11.92	1.19	1.91	4.07	3.35	2.41
2046	477	48	525	140	0.72	11.92	1.19	1.91	4.07	3.35	2.41

Fuente. Autores, 2021

Tabla 6. Caudales de diseño para los procesos de la PTAR

PROCESO	CAUDAL DE DISEÑO
Para cribado:	4.07 L/s
Para desarenación:	4.07 L/s
Para sistema de bombeo:	4.07 L/s
Para bioreactores (tanques UASB, Imhoff, filtros, lodos, percoladores, etc):	3.00 L/s
Para Sedimentadores secundarios:	3.00 L/s

La **Tabla 6**, denota que el caudal de diseño para el sistema de tratamiento (tanque UASB, Imhoff, filtros, etc.), es de 3.00 L/s. Corresponde al Caudal Máximo Mensual (QMM) 2.41 L/s, el cual de aproxima al entero superior por practicidad en el diseño.

Conexiones Domiciliarias

De acuerdo con el Art 144 de la Res 0330 de 2017, la conexión domiciliaria a la red de alcantarillado sanitario debe cumplir los siguientes parámetros:

1. El diámetro interno real mínimo de la tubería es 140 mm.
2. La pendiente mínima de la tubería es 2%.
3. La entrega a la red de alcantarillado se debe realizar por gravedad y por la parte media superior del colector de alcantarillado, como mínimo las cotas claves de las tuberías deben quedar al mismo nivel.
4. Se debe proveer una caja de inspección al inicio de la tubería de la conexión domiciliaria, la cual podrá ser utilizada como punto de control para monitorear vertimientos.
5. En el empate a la tubería de la red de alcantarillado se deben usar accesorios como silla tee, silla yee, tee y/o yee o cajas de empalme en el caso de redes en tubería de concreto.

7.1.4.5.3.9 DETERMINACIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA

Es necesario incorporar un aporte per cápita de los principales contaminantes del agua residual, utilizando para ello la recomendación establecida en la

Ilustración 5 de la norma de artículo 169 del RAS 2017.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio Ambiental y de Alimentos Nancy Flórez García el cual cuenta con acreditación bajo la norma ISO 17025 bajo resolución del IDEAM 1927 del 29 de Julio del 2014.

En la siguiente **Tabla 7**, se presentan los diferentes métodos de ensayo, tipos de recipientes y métodos de preservación de muestras, utilizados para el análisis de los parámetros durante el presente monitoreo.

Tabla 7. Parámetros monitoreados y métodos de ensayo.

PARAMETROS	METODO	RECIPIENTE	PRESERVACION
pH	SM 4500 H-B	-	Análisis inmediato
Temperatura	SM 2250 B	-	Análisis inmediato
DBO5	SM 5210 B	Plástico	Refrigeración
DQO	SM 5220 C	Plástico	Refrigeración + H2SO4
Solidos	SM 2540 D	Plástico	Refrigeración
Grasas y Aceites	SM 5520 D	Vidrio	Refrigeración + HCl hasta

Fuente: Autores, 2021.

En cada punto de muestreo se realizaron análisis de: pH, temperatura, oxígeno disuelto y observaciones visuales (olor, color, vegetación en dique, nata y flotante).

Las muestras fueron colectadas mediante una Red Surber de ojo de malla de 300 μm para Bentos, la red fue depositada sobre el sustrato con la abertura en dirección contraria a la corriente, una vez hecho el arrastre el material colectado se depositó en bolsas de seguridad y se fijaron con alcohol al 70% y teñido con el colorante Rosa de Bengala para facilitar su identificación. Para las lagunas se utilizó una Red D-Net de 300 μm haciendo un arrastre en las orillas, el material colectado se depositó en bolsas de seguridad y se fijaron con alcohol al 70% y teñido con el colorante Rosa de Bengala para facilitar su identificación.

Las muestras colectadas fueron separadas en tamices de diferente micraje y analizadas sobre bandejas esmaltadas blancas, cajas de Petri y portaobjetos con ayuda de un microscopio de luz (Aumento de 4X y 10X) y estereoscopio (Aumentos de 6X a 60X), según la necesidad. Para Los datos obtenidos fueron recopilados en tablas primarias. Para de los Macroinvertebrados acuáticos, se tuvo en cuenta el total de individuos contados en cada taxón y el área de muestreo (Red D-net y Red Surber), registrando de esta forma el total de individuos por unidad de área (m^2),

para las microalgas en organismos por litro (L). Las muestras recolectadas para el presente estudio fueron realizadas tomando muestras compuestas de 8 horas durante un día de actividad normal (24 horas) en cada punto de muestreo por sistema; la compuesta fue conformada por alícuotas recolectadas cada 1 hora. Para los cuerpos de agua superficiales las muestras fueron de tipo puntual.

Tabla 8. Aportes per cápita para AR según RAS 2017

Parámetro	Intervalo	Valor sugerido
DBO 5 días, 20°C, g/hab/día	25 - 80	50
Sólidos en suspensión, g/hab/día	30 - 100	50
NH ₃ -N como N, g/hab/día	7.4 - 11	8.4
N Kjeldahl total como N, g/hab/día	9.3 - 13.7	12.0
Coliformes totales, #/hab/día	2x10 ⁸ - 2x10 ¹¹	2 x10 ¹¹

Fuente. Resolución 0330 del 8 de Junio as, 2017

Tabla 9. Valores de DBO, DQO y SST asumidos para el diseño de la PTAR

Aporte de DBO per cápita:	66	gr/hab/día
Aporte de SST per cápita:	80	gr/hab/día
Aporte de DQO per cápita:	100	gr/hab/día

Tabla 10. Cargas y concentraciones DBO, DQO y SST en el periodo de diseño

Año		Poblacion	QMd _{A,R}	CARGA DBO	CARGA SST	CARGA DQO	CONC. DBO	CONC. SST	CONC. DQO
		Hab	L/s	Kg/día	Kg/día	Kg/día	mg/lt	mg/lt	mg/lt
0	2021	464	1.83	30.62	37.12	46.40	193.69	234.77	293.46
1	2022	466	1.83	30.76	37.28	46.60	194.52	235.78	294.73
2	2023	468	1.83	30.89	37.44	46.80	195.36	236.79	295.99
3	2024	470	1.84	31.02	37.60	47.00	196.19	237.81	297.26
4	2025	472	1.84	31.15	37.76	47.20	197.02	238.82	298.52
5	2026	476	1.85	31.42	38.08	47.60	198.69	240.84	301.05
6	2027	478	1.85	31.55	38.24	47.80	199.53	241.85	302.32
7	2028	480	1.85	31.68	38.40	48.00	200.36	242.87	303.58
8	2029	482	1.85	31.81	38.56	48.20	201.20	243.88	304.85
9	2030	485	1.86	32.01	38.80	48.50	202.45	245.40	306.74
10	2031	488	1.86	32.21	39.04	48.80	203.70	246.91	308.64
11	2032	490	1.86	32.34	39.20	49.00	204.54	247.93	309.91
12	2033	492	1.87	32.47	39.36	49.20	205.37	248.94	311.17
13	2034	494	1.87	32.60	39.52	49.40	206.21	249.95	312.44
14	2035	497	1.87	32.80	39.76	49.70	207.46	251.47	314.33
15	2036	500	1.88	33.00	40.00	50.00	208.71	252.99	316.23
16	2037	502	1.88	33.13	40.16	50.20	209.55	254.00	317.50
17	2038	504	1.88	33.26	40.32	50.40	210.38	255.01	318.76
18	2039	508	1.89	33.53	40.64	50.80	212.05	257.03	321.29
19	2040	510	1.89	33.66	40.80	51.00	212.89	258.04	322.56
20	2041	512	1.90	33.79	40.96	51.20	213.72	259.06	323.82
21	2042	514	1.90	33.92	41.12	51.40	214.56	260.07	325.09
22	2043	517	1.90	34.12	41.36	51.70	215.81	261.59	326.98
23	2044	520	1.91	34.32	41.60	52.00	217.06	263.10	328.88
24	2045	523	1.91	34.52	41.84	52.30	218.31	264.62	330.78
25	2046	525	1.91	34.65	42.00	52.50	219.15	265.63	332.04

Fuente. Autores, 2021

7.1.4.5.3.10 DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA MÍNIMA REQUERIDA

Tomando como base la resolución 631/2015, la misma establece los siguientes parámetros como máximos de descarga para sistemas de tratamiento de aguas residuales con un aporte de carga inferior a 625 Kg/día.

7.1.4.5.3.11 Parámetros de descargas según Resolución 631 de 2015

El Artículo 8 de la Resolución 631 del 17 de Marzo de 2.015 establece los valores límites máximos permisibles que deben cumplir los vertimientos puntuales de aguas

residuales, los cuales son de 90 mg/L para DBO, 180 mg/L de DQO y 90 mg/L de SST. Adoptando las concentraciones estimadas para el presente proyecto, podemos determinar la eficiencia mínima requerida para el cumplimiento de la norma ambiental vigente.

Tabla 11. Eficiencia mínima de la PTAR

PARAMETRO	CONCENTRACION PROYECTO	CONCENTRACION MAX. PERMITIDA DESCARGA	REMOCION REQUERIDA
DBO	219.15	90	58.93%
SST	265.63	90	66.12%
DQO	332.04	180	45.79%

Fuente. Autores, 2021

Como se puede apreciar, el agua del afluente tiene con baja concentración debido a que se suma una cantidad apreciable de agua de infiltración en la zona de estudio.

7.1.4.5.4 Determinación de las eficiencias y distancias mínimas de los diferentes modelos de tratamiento

Tomando como base lo establecido en el artículo 183 de la norma RAS-2017, se prevé que los diferentes modelos de tratamiento presenten las siguientes eficiencias en condiciones normales de operación y mantenimiento, al igual que deben acatarse las siguientes recomendaciones establecidas en la norma.

Tabla 12. Distancias mínimas según los tipos de tratamiento según RAS 2017

Tecnología	Con respecto a	Distancia (metros)
PTAR	Fuentes de agua para consumo humano diferente a la descarga	50
PTAR con reactor aeróbico y aireación difusa	Centros poblados	75
PTAR con reactor aeróbico y aireación superficial (aerosoles)	Centros poblados	100
PTAR con reactor anaerobio	Centros poblados	200
PTAR	Plantas potabilizadoras y tanques de agua	150
Lagunas anaerobias	Centros poblados	500
Lagunas facultativas	Centros poblados	200
Lagunas aireadas	Centros poblados	100
Filtros percoladores de baja tasa (problemas con moscas)	Centros poblados	200
Filtros percoladores de media y alta tasa	Centros poblados	100

Fuente. Ras, 2017

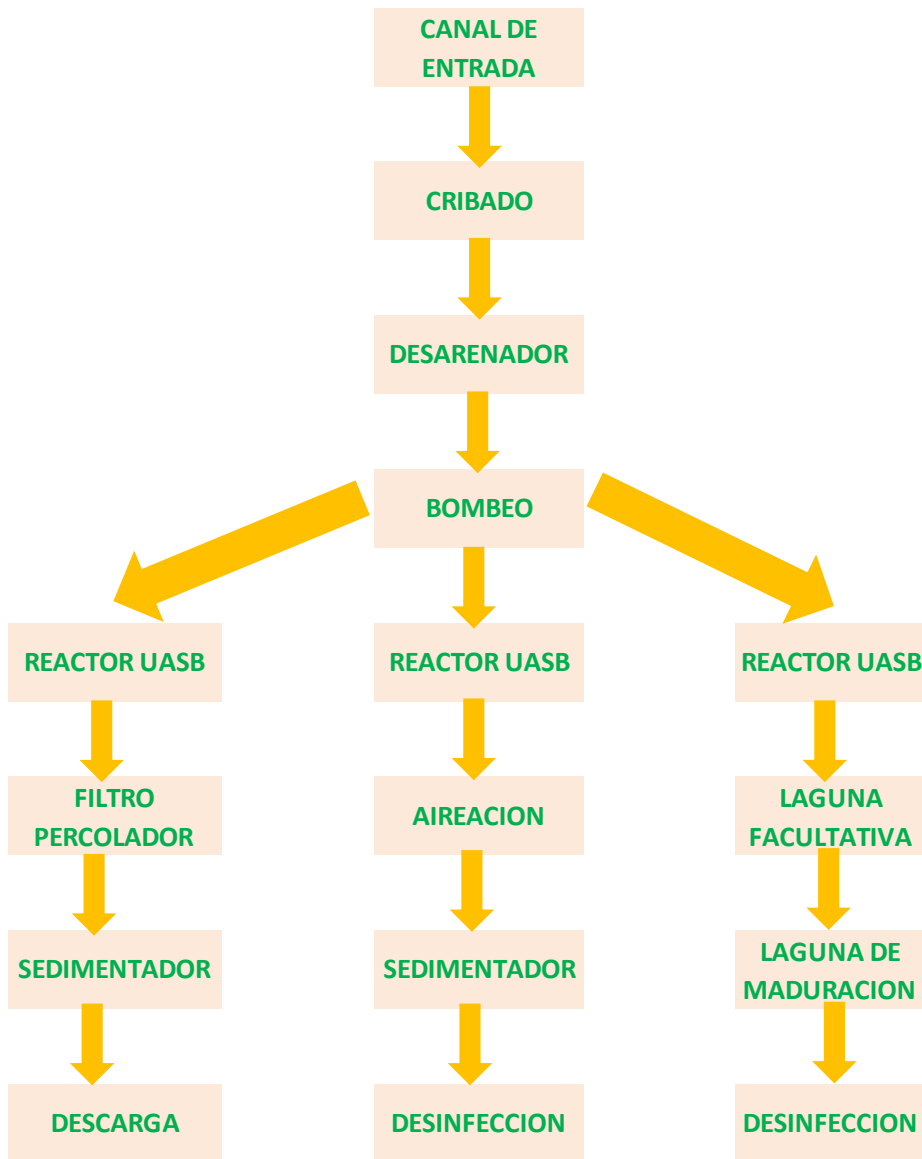
El artículo 184 de la norma RAS-2017, establece las eficiencias mínimas de los diferentes modelos de tratamiento

Tabla 13. Rangos de eficiencias en los diferentes tipos de tratamiento según RAS 2017

	Unidades de tratamiento	Eficiencia mínima de remoción de parámetros, porcentajes (%)						Observaciones
		DBO5	DQO	SST	SSED	Grasas y aceites	Patógenos	
Pre-tratamiento	Cribado o desbaste	0-15	0-10	10-50	0-6	0-40	N/A	Remociones con millamices y microcristas
	Desarenadores	0-5	0-5	0-10	N/A	N/A	N/A	
	Trampa de grasas	0-5	0-3	10-15	N/A	85-95	N/A	
Tratamiento Primario	Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	75-85	60-70	30-50	
	Lagunas anaerobias	50-70	30-50	50-60	75-85	80-90	80-90	
	Tanque Imhoff	25-40	15-30	50-70	75-85	60-70	-30-50	
Tratamiento Secundario	Reactor UASB (RAFA)	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	
	Lagunas facultativas	80-90	40-50	63-75	75-85	70-90	80-90	Sin contar con algas
	Lagunas aireadas	80-95	60-70	N/A	N/A	N/A	80-90	Con sedimentación secundaria
	Reactor anaerobio RAP	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	
	Filtros anaerobios	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	
	Lodos activados (convencionales)	80-95	70-80	80-90	N/A	N/A	80-90	
	Filtros percoladores De alta tasa, roca	65-90	55-70	60-85	N/A	N/A	80-90	
De alta tasa, plástico	75-95	60-80	65-85	N/A	N/A	80-90		
Desinfección	Rayos UV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100	
	Cloración	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100	
	Laguna de maduración	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	99,99	

Fuente. Ras, 2017

Ilustración 6. Alternativas de tratamiento



Fuente. Autores, 2021

Es importante destacar que debido a que se requiere una eficiencia baja para el cumplimiento de la normatividad vigente, se observa que con el primer tratamiento biológico (Reactor UASB), se puede llegar a cumplir la meta de remoción planteada.

Tabla 14. Eficiencias en los diferentes procesos

PARAMETRO	EFICIENCIA			
	CRIBADO	DESARENADOR	UASB	REQUERIDA
DBO	7%	2.00%	65.00%	58.93%
SST	10%	5.00%	50.00%	66.12%
DQO	5%	2.00%	60.00%	45.79%

La situación de cargas aplicadas parte de un principio ideal, que en diversas situaciones de operación normal pueden verse afectados, aumentando no solo la carga entrante, sino la carga al final del proceso. Esto genera un manto de incertidumbre en cuanto el resultado final del proceso en función de muchas variables operacionales en el momento del proceso de tratamiento.

La capacidad de respuesta del sistema ante variabilidad de las condiciones de carga entrante, obliga a adoptar medidas que garanticen la facilidad de atender situaciones de carga súbita, conforme lo establecido en la norma RAS-2017. Esto implica aumentar los niveles de seguridad en cuanto la calidad del tratamiento ofrecido, siempre y cuando el mismo se ofrezca con la mayor relación costo-beneficio del proyecto.

Tomando como base los análisis de eficiencia presentados en la **Tabla 14**, se entrarán a analizar entonces tres posibles trenes de tratamiento para el proyecto en cuestión: un tren con reactores y filtros anaerobios y pulimento, un tren con filtro anaerobio y aerobio, y un tren con reactor UASB y lagunas.

Los demás modelos de tratamiento existentes no serán objeto del presente análisis (aunque se realiza un cálculo estimado en las valoraciones de diseño), por cuanto es evidente que su requerimiento de consumo energético aumenta de manera

considerable el costo operacional (no sólo por la energía sino por el mantenimiento de dichos equipos), y más en un sector con un clima con elevadas temperaturas donde se favorece de manera indiscutible la existencia de procesos de tipo anaeróbico (a mayor temperatura, mayor eficiencia del proceso anaeróbico, sin necesidad de inclusión de ningún consumo energético adicional).

Es de resaltar, que cualquiera sea el tren de tratamiento adoptado, se parte del principio que las obras requeridas para acondicionamiento y preparación del agua residual son comunes a todos los procesos, por cuanto es la forma de garantizar unos parámetros relativamente uniformes para el tratamiento posterior del agua.

Es así como las obras requeridas para cribado, desarenación, igualación, homogeneización y sistemas de bombeo para iniciar el proceso, así como las obras de tratamiento de lodos se consideran comunes para cualquier sistema de tratamiento analizado, aún a pesar que los procesos aeróbicos requieran tamaños de manejo de lodos muchísimo más amplios que los requeridos por sistemas anaeróbicos.

7.1.4.5.5 Definición y diseño del tratamiento propuesto

Ilustración 7. Esquema del diseño del tratamiento



7.1.4.5.6 Diseño de canal de entrada, cribado y desarenador

La cota de llegada de las aguas residuales domésticas a la PTAR, es de 2.42 metros por debajo del nivel del terreno. En estas condiciones el canal de entrada, el cribado, y el desarenador se construirán a la profundidad necesaria, para luego realizar un bombeo a la unidad de tratamiento principal, el reactor UASB.

A efectos de lograr una regulación importante del contenido de sólidos de gran tamaño y sólidos sedimentables, se requiere la incorporación de un sistema que incluye cribado y desarenador. Los cálculos se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 15. Cálculo del canal de entrada

CANAL DE ENTRADA	
$y_0 = \frac{\left[\frac{Qn}{S_0^{3/2}} (b + 2y)^{3/2} \right]^{3/5}}{b}$	
Q (L/s)=	4.07
n=	0.014
S=	0.005
b (m)=	0.30
Y (m)=	0.031
Yo (m)=	0.031
V (m/s)=	0.440

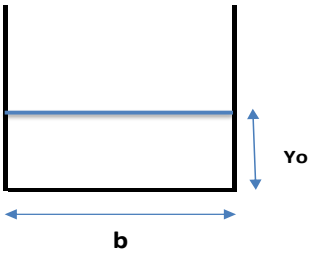


Tabla 16. Cálculo de la rejilla

COEFICIENTE DE PERDIDA PARA REJILLAS							
SECCIÓN FORMA	A	B	C	D	E	F	G
β	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Tabla 17. Cálculo de Cribado

CALCULO CRIBADO	
DATOS DE ENTRADA CALCULO REJILLA	
Q = CAUDAL DE ENTRADA (L/seg)	4.07
TIPO DE REJILLA (LIMPIEZA MANUAL O MECÁNICA)	MANUAL
b = ESPACIAMIENTO ENTRE BARRAS (mm)	17.0
VELOCIDAD MÍNIMA DE APROXIMACIÓN (m/s)	0.3
VELOCIDAD MÍNIMA ENTRE BARRAS (m/s)	0.4
FORMA DE LA REJILLA A UTILIZAR (A, B, C, D, E, F, G)	G
β = COEFICIENTE DE PERDIDA PARA REJILLAS	1.79
S = DIÁMETRO DE LA BARRA A UTILIZAR (mm)	12.7
α = ANGULO DE LA REJILLA CON LA HORIZONTAL	45
K = PERDIDA DE CARGA (m)	0.39
As = AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL CANAL (m ²)	0.01
B = ANCHO DE CANAL (m)	0.30
H _L = ALTURA DE LAMINA (m)	0.045
B _L = BORDE LIBRE (m)	0.37
H = ALTURA TOTAL DEL CANAL (m)	0.42
L _R = LONGITUD MINIMA DE LA REJILLA (m)	0.59
L _{TR} = LONGITUD TOTAL DE LA REJILLA (m)	0.89
n = NUMERO DE BARRAS REQUERIDAS	11

Tabla 18. Cálculo del desarenador

CALCULO DESARENADOR		
DATOS DE ENTRADA		
Q = CAUDAL DE ENTRADA (L/s) 2045		4.07
g (cm/s ²)		981.00
ps (g/cm ³) = Peso unitario de la arena		2.65
ρ (g/cm ³)=Peso unitario agua		1.00
d (cm)= Diámetro de la partícula		0.014
μ (cm ² /s)= Viscosidad cinemática del agua		0.01059
% DE REMOCIÓN		75
H (cm)		30.00
N		1.00
L/B		4.50
K		0.04
F		0.03
UNIDADES		1.00
ANCHO CANAL DE ENTRADA		1.00
REMOCION DE		arena
PARAMETROS DE SEDIMENTACION		
Vs (cm/s)	Velocidad de sedimentación	1.66
t(s)	Tiempo sedimentación	18.03
NUMERO DE HAZEN	Remocion 75%	3.00
θ (s)	Retencion hidraulica	54.08
Vt (m ³)	Volumen del tanque tanque	0.220
As (m ²)	Area superficial	0.73
B (m)	Base	0.40
L (m)	Longitud desarenador	1.82
q (m ³ /m ² -s)	Carga hidráulica	0.005548
Vo (cm/s)	Velocidad sed partícula crit	0.555
do (cm ²)	Diámetro partícula crítica	0.0081
Vh (cm/s)	Velocidad horizontal	3.36
Vr (cm/s)	Velocidad de suspensión	15.55
Hv (cm)	Altura sobre vertedero	0.14
Vv (cm/s)	Velocidad sobre el vertedero	0.70

Tabla 19. Chequeo Desarenador

CHEQUEOS DESARENADOR		
$5 < L/H < 20$	6.06	Ok
$2.5 < L/B < 5$	4.50	Ok
$30 < V_s < 65$ (m/h)	59.92	OK
$20 < \theta < 180$ (s)	54.08	Ok
$700 < q < 1600$ (m ³ /m ² -día)	479.33	Ok
Vs/Vo= numero de Hazen	3	OK
d>=do		OK
Vh<20Vs	33.29	OK
$9 < V_h/V_o < 15$	6.06	OK
Vh<Vr		OK

7.1.4.5.7 Diseño sistema de bombeo

El sistema requiere un bombeo desde la zona de pre tratamiento, a la unidad de tratamiento principal, debido a los niveles de entrega del alcantarillado y la poca pendiente del terreno. En la siguiente tabla se calcula el volumen del pozo de bombeo y la bomba sumergible necesaria para bombear el caudal de entrada.

Tabla 20. Cálculo de la estación de bombeo

CALCULO ESTACION DE BOMBEO	
DATOS DE ENTRADA	
Q (QMdAR)= CAUDAL DE ENTRADA (L/s)	1.91
CALCULO VOLUMEN POZO DE BOMBEO	
Qb (QMH) = Caudal de bombeo (L/s)	4.07
t (min)= tiempo de funcionamiento de la bomba	8.00
T(min)= Tiempo entre 2 arranques de la bomba (Retención)	16.00
VR (m3)= Volumen de regulación	2.87
CALCULO DE LA BOMBA (sumergible)	
Material de la tubería de succión	acero
C (coeficiente de fricción HW)	130
D (mm)= diámetro interno succión 2"	52.48
V (m/s)= velocidad	1.88
L (m) = longitud succión	13.00
Le(m) = longitud equivalente accesorios	20.60
hf (m)= Pérdidas por succión	2.761
h (m) = Altura estática	10.00
THD (m)= Altura dinámica impulsión	12.76
ρ agua (kg/m ³)	998.20
η = eficiencia	0.65
P (HP)= Potencia de la bomba	1.05
POTENCIA RECOMENDADA HP	2.00

El sistema de bombeo se realizará con una bomba sumergible, alimentada con energía solar. La potencia de la bomba comercial es de 2.50 HP. Sin embargo, se debe verificar con las recomendaciones del fabricante.

7.1.4.5.8 Diseño reactor UASB

El reactor anaerobio de flujo ascendente en manto de lodos. En este tipo de reactor el agua es introducida por el fondo del reactor a través de unas boquillas uniformemente distribuidas, pasa través de un manto de lodos y posee una estructura de sedimentación integrada al mismo tanque que permite el retorno de los lodos de manera natural al espacio de reacción inferior.

Existen dos tipos de reactores UASB, según el tipo de biomasa. El primer tipo de reactor se denomina de lodo granular, que por sus buenas características de sedimentación y actividad metanogénica permite altas cargas orgánicas específicas; el segundo se denomina de lodo floculento, que soporta cargas

menores tanto orgánicas como hidráulicas. Esta característica se describe en la Tabla 32 del artículo 191 del RAS 2017.

Tabla 21. Clasificación de Lodos

Tipo de lodo	Carga orgánica aplicada (kgDQO/m³*d)	Área de influencia de cada distribuidor (m²)
Lodo denso floculento (> 40 kg SST/m ³)	<1,0	0,5 - 1,0
	1,0 - 2,0	1,0 - 2,0
	>2,0	2,0 - 3,0
Lodo floculento espesado (20 - 40 kgSST/m ³)	1,0 - 2,0	1,0 - 2,0
	>3	2,0 - 5,0
Lodo granular	<2,0	0,5 - 1,0
	2,0 - 4,0	0,5 - 2,00
	>4	>2,0

Para aguas residuales diluidas (<1500 mg/L DQO), el cual es nuestro caso, los UASB deben diseñarse con el concepto de tiempo de retención hidráulico según la TABLA 31 y velocidad ascendente según la TABLA 32 del artículo 191 del RAS 2017.

Ilustración 8. TABLA 32 del artículo 191 del RAS 2017.

Tabla 31. Tiempo de Retención hidráulica para reactores UASB

Temperatura del agua residual (°C)	Tiempo de retención hidráulica (horas)*
16 a 19	10 - 14
20 a 26	6 - 9
>26	>6

*Caudal medio diario.

Fuente. Ras, 2017

Ilustración 9. TABLA 32 del artículo 191 del RAS 2017.

Tabla 32. Velocidades de Flujo ascendente para el diseño de reactores UASB

Caudal influente	Velocidad ascendente (m/h)
Caudal medio	0,5 – 0,7
Caudal máximo	0,9 – 1,1
Caudal pico temporal *	<1,5

*Caudales pico entre 2 y 4 horas.

Fuente. Ras, 2017

Otra parte importante y crítica en el diseño de un reactor U. A. S. B. es la campana o separador GLS, el cual es fundamental para lograr un buen funcionamiento del reactor a fin de mantener un lodo sedimentable en su mayoría granular, un efluente clarificado libre de gases y unos gases adecuadamente separados. Los objetivos a lograr con la implementación de las campanas para cada reactor son:

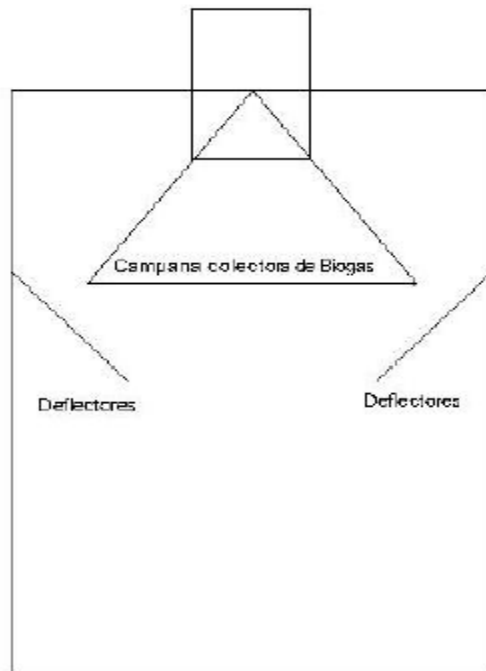
- Separación y descarga adecuadas del biogás en cada reactor.
- Permitir el deslizamiento del lodo dentro del compartimiento de digestión.
- Servir como una clase de barrera (stopper) para expansiones excesivas rápidas del manto de lodos (en su mayoría), dentro del sedimentador.
- Prevenir el lavado (salida) de lodo granular flotante (y floculento).

Para la construcción del separador GLS se tienen en cuenta parámetros recomendados por la literatura, los cuales indican que la campana convencional es la mejor estructura, gracias a su fácil construcción, simplicidad de instalación y funcionamiento, y eficiencia. Los aspectos a tener en cuenta en el diseño de las campanas son:

La velocidad de flujo ascendente en la abertura. (> 1 m/h)

El ángulo de los lados de la campana (45° y 60°).

Ilustración 10. Geometría separador GAS-LIQUIDO-SOLIDO en el UASB



Para los cálculos se han tenido en cuenta las recomendaciones dadas por el RAS 2017 y la literatura especializada

Tabla 22. Calculo del reactor UASB

CALCULO REACTOR UASB	
DATOS DE ENTRADA	
Q = CAUDAL DE ENTRADA (L/seg) (QMH)	3.00
POBLACION DE DISEÑO (hab)	525
C _o = DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO AFLUENTE (mg/L)	219.15
CO = CARGA ORGANICA (Kg DQO / día)	56.80
C _o = DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO AFLUENTE (mg/L)	219.15
E = EFICIENCIA DEL REACTOR UASB (%)	70
C _e = DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO EFLUENTE (mg/L)	65.74
T = TEMPERATURA (º C)	23.00
θ = TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICA (h)	6.00
V = VOLUMEN TOTAL DEL REACTOR (m ³)	64.80
NUMERO DE REACTORES	1
V _r = VOLUMEN POR REACTOR (m ³)	64.80
ALTURA SUPERIOR (m)	1.50
ALTURA INFERIOR (m)	4.00
H = ALTURA TOTAL DEL REACTOR (m)	5.50
Asup = AREA SUPERFICIAL POR REACTOR (m ²)	11.78
PARA CALCULO DE REACTOR CIRCULAR	
D= DIAMETRO INTERNO (m)	3.9
D= DIAMETRO constructivo (m)	4.0
Asup = AREA SUPERFICIAL corregida (m ²)	12.57
Lv = CARGA VOLUMETRICA POR REACTOR (Kg DBO ₅ / m ³ -dí)	0.88
CHs = CARGA HIDRAULICA SUPERFICIAL (m ³ /m ² -día)	22.0
B _L =BORDE LIBRE (m)	0.25
V _{sadm} = VELOCIDAD SUPERFICIAL ADMISIBLE (m/h)	0.917

SEPARADOR GAS-LIQUIDO-SÓLIDO (GLS) UASB	
α = INCLINACION DE LAS PAREDES (Grados)	45.00
h_{GAS} = ALTURA MINIMA DE COLECTOR DE GAS (m)	1.50
V_{asc} = VELOCIDAD ASCENCIONAL (m/h)	2.53
A_{ab} = AREA ABERTURA (m ²)	4.27
A_{camp} = AREA SECCION TRANSVERSAL DE LA CAMPANA (m ²)	8.30
R= RADIO DE LA CAMPANA (m)	1.63
W= ANCHO DE ABERTURA (m)	0.37
Trd= TRANSLAPO DE DEFLECTORES (m)	0.56
Ad= ANCHO DE DEFLECTORES (m)	0.94
Ld = LONGITUD DE DEFLECTORES (m)	1.87
VERTEDERO PERIMETRAL	
Lc= LARGO DEL CANAL DE RECOLECCIÓN (m)	12.57
EV= ESPACIO ENTRE VERTEDEROS (m)	0.20
#V= NUMERO DE VERTEDEROS	62.83
QV= CAUDAL POR VERTEDERO (m ³ /h)	0.17
ANGULO VERTEDERO	45
TANG ($\theta/2$)	0.41
C	0.61
Hv= ALTURA LAMINA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	2.28
CV= CARGA SOBRE EL VERTEDERO	180.76

7.1.4.6 Diseño filtro biológico

El diseño del filtro biológico se hace con base en el artículo 194 del RAS 2017, donde establece los criterios básicos que se deben emplear en este tipo de procesos.

Tabla 23. Cálculo del filtro biológico

CALCULO FILTRO BIOLOGICO	
DATOS DE ENTRADA	
Q = CAUDAL DE ENTRADA (L/seg)	3.00
C _o = DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO AFLUENTE (mg/L)	65.74
CO = CARGA ORGANICA AFLUENTE (Kg DBO5 / día)	17.04
T = TEMPERATURA (°C)	18
MATERIAL FILTRANTE	PLASTICO
E = EFICIENCIA DEL FILTRO (%)	70
C _e = DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO EFLUENTE (mg/L)	19.72
TRH = TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICA (h)	3.50
H = ALTURA DEL MEDIO FILTRANTE (m)	1.5
h = ALTURA DEL FILTRO AL BORDE SUPERIOR(m)	0.80
P = ALTURA DE LA BASE DEL FILTRO AL MEDIO FILTRANTE (m)	0.70
HT = ALTURA TOTAL DEL FILTRO (m)	3.00
NUMERO DE FILTROS	2.0
Asup = AREA SUPERFICIAL POR FILTRO (m ²)	6.30
CALCULO FILTRO CIRCULAR	
D= DIAMETRO INTERNO (m)	2.83
D= DIAMETRO constructivo (m)	3.00
V = VOLUMEN POR FILTRO (m ³)	18.90
COV = CARGA ORGANICA VOLUMETRICA (Kg DBO5 / m ³ -día)	0.90

7.1.4.7 Diseño sedimentador secundario

El diseño del sedimentador secundario se hace teniendo en cuenta las recomendaciones técnicas del artículo 195 del RAS 2017.

Tabla 24. Cálculo del sedimentador secundario

CALCULO SEDIMENTADOR SECUNDARIO	
DATOS DE ENTRADA	
Q = CAUDAL DE ENTRADA (L/seg)	3.00
NUMERO DE UNIDADES	2
Qd= CAUDAL DE DISEÑO (L/s)	1.50
TEMPERATUR DEL AGUA (°C)	20
μ= VISCOCIDAD CINEMÁTICA (m ² /s)	1.011.E-06
T= TIEMPO DE RETENCION (h) (ART 195 RAS-17)	2
BL= BORDE LIBRE (m)	0.20
Cs = CARGA SUPERFICIAL (m ³ /m ² -día) (ART 195 RAS-17)	48
V = VOLUMEN SEDIMENTADOR (m ³)	10.80
H= ALTURA ASUMIDA (m)	2.50
As= AREA SEDMENTADOR RECTANGULAR (V/H)	4.32
L/A= RELACION LARGO ANCHO (ART 195 RAS-17)	1.90
A= ANCHO CALCULADO (m)	1.51
A= ANCHO redondeado (m)	1.50
L = LARGO CALCULADO (m)	2.9
L = LARGO redondeado (m)	3.0
AREA REAL DEL SEDIMENTADOR (m ²)	4.50
REVISION MODULO PLACAS	
θ= ANGULO DE PLACAS (GRADOS)	60
e= ESPACIO ENTRE PLACAS (m)	0.05
V ₀ = VELOCIDAD MEDIA DE FLUJO (m/s) (Qd/As/senθ)<1 cm/s	0.04
	$V_0 = \frac{Q_{D1}}{A \cdot \text{sen}\theta}$
Re= REYNOLDS <250	19.04
	$R_e = \frac{V_0 * e}{\vartheta}$

7.1.4.8 Diseño lechos de secado de lodos

Tabla 25. Cálculo del lecho de secado de lodos

CALCULO LECHO DE SECADO	
DATOS DE ENTRADA LECHO DE SECADO	
POBLACION DE DISEÑO (hab)	525
TIPO DE LODO	PRIMARIO
AREA REQUERIDA PER CAPITA (m ² /hab)	0.05
AREA REQUERIDA (m ²)	26.25
CARGA DE SOLIDOS SECOS (Kg/m ² -año)	134.00
ALTURA SOBRE LA ARENA (m)	0.50
DIAMETRO TUBERIA DRENAJE PRINCIPAL (m)	0.1524
PENDIENTE TUBERIA DRENAJE PRINCIPAL (%)	1.00
DISTANCIA ENTRE EJES PRINCIPALES (m)	2.50
ESPEJOR CAPA DE GRAVA (mm)	200.00
TAMAÑO DE LA GRAVA (mm)	6.35
ESPEJOR CAPA DE ARENA (mm)	300.00
TAMAÑO EFECTIVO DE ARENA (mm)	0.60
R = RELACION LARGO:ANCHO	1.50
B = ANCHO DEL LECHO (m)	3.00
L = LONGITUD DEL LECHO (m)	4.50
N = MODULOS REQUERIDOS	1.94
NUMERO DE MODULOS MINIMO	1.00
LARGO DEL LECHO (m)	8.00
AREA POR LECHO (m ²)	24.00
VOLUMEN MEDIO FILTRANTE POR LECHO (m ³)	12.00
VOLUMEN DE LODO POR LECHO (m ³)	12.00

8. CONCLUSIONES

En la elaboración de este proyecto se aplicó el criterio guiado en las normas exigidas en el reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico “RAS”, actualizado y adoptado mediante resolución No. 0330 del 8 de junio de 2017, y además teniendo en cuenta la densidad habitante por hectárea y la densidad población por vivienda. Podemos concluir que los datos obtenidos para caudales y cargas unitarias estiman un caudal de 3.00 L/s. Corresponde al Caudal Máximo Mensual (QMM) 2.41 L/s, el cual de aproxima al entero superior por practicidad en el diseño.

- ✓ La PTAR aunque requiere equipos mecánicos, mayor costo para implementación, operación y mantenimiento, ofrece la garantía de un efluente de mejor calidad, estabilidad de funcionamiento y sobre todo menor afectación al Efluente.
- ✓ La planta de Tratamiento de aguas residuales (PTAR), no genera gastos en químicos y tampoco energéticos, puesto que a pesar que es por bombeo, la operación se realizará con un sistema fotovoltaico que permitirá la prestación del servicio las 24 horas, los procesos que se desarrollan en ella son totalmente biológicos, necesitando únicamente el monitoreo de un operario.
- ✓ Los cálculos hidráulicos realizados, se buscó que los colectores tengan la capacidad para transportar el caudal medio de aguas residuales, incluyendo los caudales de infiltración y de conexiones erradas para que funcionen de acuerdo con el criterio de autolimpieza generado por la fuerza tractiva.

- ✓ El diseño del sistema fue realizado para un alcantarillado convencional del corregimiento de Las Pitillas, dado que éste no cuenta con redes de alcantarillado sanitario y basado en los parámetros y consideraciones expuestas.
- ✓ De acuerdo a las especificaciones técnicas, económicas y ambientales de múltiples iteraciones se obtuvo para el corregimiento de Las Pitillas, un sistema integral, funcionando totalmente a gravedad desde su inicio hasta el punto de entrega al sistema de tratamiento de las aguas residuales.
- ✓ En el cumplimiento de los porcentajes de eficiencia requerida por parámetros DBO 58.93%, SST 66.12% y DQO 45.79%, se realizó el diseño con base a un tren con reactores y filtros anaerobios y pulimento, un tren con filtro anaerobio y aerobio, y un tren con reactor UASB y lagunas.
- ✓ En la simulación de las redes de alcantarillado se calcularon para cada tramo los caudales de aguas domésticas, caudales de infiltración, caudales por conexiones erradas, y los caudales acumulados totales, diámetros, pendientes, velocidad real, lámina de agua, cotas claves superior e inferior, profundidad media y profundidad a batea de la tubería.
- ✓ Las redes de recolección resultaron en diámetro de 6" (160 mm), en una longitud de 2.483 ml, resultaron 39 pozos de inspección y 7 cámaras de caída, beneficiándose actualmente a 102 usuarios con igual número de conexiones domiciliarias.

9. Recomendaciones

- ✓ Se sugiere instalar en las redes de recolección para el corregimiento de Las Pitillas municipio de San Diego, departamento del Cesar, tubería de Polivinilo de Cloruro (PVC), para alcantarillado sanitario de pared interna lisa y externa corrugada, con una rigidez mínima de 58 PSI, las cuales son consideradas como tubería flexible, además poseen características como hermeticidad, flexibilidad, resistencia a la corrosión y la abrasión, de buen comportamiento hidráulico, resistente al manipuleo e impactos; para lo cual se recomienda para su instalación colocar una cama inferior de soporte con materiales, la cual debe ser mínimo de 0.15 m. Así mismo deben instalarse de acuerdo a las especificaciones técnicas y a los procesos constructivos recomendados y hacer uso de la buena práctica de la ingeniería.

- ✓ Tanto a las redes de alcantarillado sanitario, como a los pozos de inspección y demás estructuras del sistema de alcantarillado sanitario, deben realizarse sus mantenimientos de acuerdo a las recomendaciones plasmadas en el manual de operación y mantenimiento de alcantarillado.

- ✓ Se debe tener en cuenta los trámites correspondientes a permisos y aprovechamiento otorgados por parte de la autoridad ambiental competente, en este caso CORPOCESAR.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Bravo, J. C., & Torrez, F. D. (2015). Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/1972/1/60621.PDF>
- Córdoba, C. F. (2013). DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO CENTRO POBLADO PASOANCHO SITUADO EN EL MUNICIPIO DE ZIPAQUIRÁ. Bogotá, Colombia. Obtenido de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1118/2/Dise%C3%B1o_r ed_alcantarillado_barrio_Centro_Poblado_Pasoancho_Zipacquir%C3%A1.pdf
- Delgado, P. (2018). Lo que falta en suministro de agua y alcantarillado en Colombia. Bogotá: El Espectador.
- López, R. A. (2004). Elementos de diseño de acueductos y alcantarillados. En Elementos de diseño de acueductos y alcantarillados (págs. 344-345). Escuela Colombia de Ingeniería.
- López , R. A. (2004). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- López, R. A. (2004). Elementos de diseño de acueductos y alcantarillados. En Elementos de diseño de acueductos y alcantarillados (pág. 345). Escuela Colombiana de ingeniería.
- López, R. A. (2004). Elementos de diseño de acueductos y alcantarillados. En Elementos de diseño de acueductos y alcantarillados (pág. 346). Escuela Colombiana de ingeniería.
- López, R. A. (2004). Elementos de diseño de acueductos y alcantarillados. En Elementos de diseño de acueductos y alcantarillados (pág. 358). Escuela Colombiana de ingeniería.
- López, R. A. (2004). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. En Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados (pág. 344). Escuela Colombiana de ingeniería.
- MARN. (2013). Estrategia Nacional del Medio Ambiente. San Salvador.
- Ministerio de vivienda y desarrollo territorial. (2017). Resolución 0330. Bogotá.

Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2016). RAS 2016.

Padilla, M. A. (2009). DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DEL CORREGIMIENTO DE LA MESA-CESAR. Bogotá, Colombia.

Ramirez, C. (2016). Acueducto y alcantarillado. Obtenido de <file:///C:/Users/HECTOR%20PAVA/Downloads/Guia%20Tecnica%20Acueducto.pdf>

RAS. (2000). Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias. Bogotá.

RAS. (2000). Sistemas de Recolección y Evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias. Obtenido de http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO_D.pdf



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



ANEXOS

Anexo 1: Cálculos hidráulicos de la red de alcantarillado sanitario.

Inicio	Tramo		Area Tributaria					Población	Diseño Hidráulico																	
	De	A	Ha			Area Acumul	Q Medio Diario		Caudal					Long	Pend	Diam Nom min 200mm	Diam. Interior	n	V	Q	q/Q	v ≥0.45m/s	Y	Y / d	F	Fuerza Tractiva τ >0.10 kg/m ²
			Area Propia	Otras	Area Acum				Total	hab	l/s	F	Q _{MH}													
1	Pz1	Pz2	0,22		0,22	0,22	14	0,02	3,80	0,08	0,04	0,02	1,50	69,25	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz2	Pz3	0,34	0,22	0,56	0,56	37	0,05	3,80	0,19	0,11	0,06	1,50	69,27	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz3	Pz4	0,92	0,56	1,48	1,48	97	0,13	3,80	0,51	0,30	0,15	1,50	105,00	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz4	Pz17	0,16	1,48	1,64	1,64	107	0,15	3,80	0,56	0,33	0,16	1,50	72,78	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz17	Pz18	0,24	1,64	1,88	1,88	123	0,17	3,80	0,64	0,38	0,19	1,50	82,31	0,80	160-S8	0,145	0,009	1,09	17,97	0,083	0,660	0,028	19,53	1,50	0,14
	Pz18	Pz19	0,45	1,88	2,33	2,33	152	0,21	3,80	0,80	0,47	0,23	1,50	82,31	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz19	Pz20	0,16	2,33	2,49	2,49	163	0,22	3,80	0,85	0,50	0,25	1,60	51,60	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,103	0,608	0,031	21,65	1,31	0,11
1	Pz4	Pz5	0,80		0,80	0,80	52	0,07	3,80	0,27	0,16	0,08	1,50	82,34	2,00	160-S8	0,145	0,009	1,72	28,42	0,053	0,912	0,023	15,61	2,33	0,28
	Pz5	Pz13	0,13	0,80	0,93	0,93	61	0,08	3,80	0,32	0,19	0,09	1,50	57,14	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz13	Pz14	0,34	0,93	1,27	1,27	83	0,11	3,80	0,43	0,25	0,13	1,50	74,02	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz14	Pz15	0,11	1,27	1,38	1,38	90	0,12	3,80	0,47	0,28	0,14	1,50	41,16	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
1	Pz5	Pz6	0,34		0,34	0,34	22	0,03	3,80	0,12	0,07	0,03	1,50	64,21	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz6	Pz7	0,39	0,34	0,73	0,73	48	0,07	3,80	0,25	0,15	0,07	1,50	64,21	1,70	160-S8	0,145	0,009	1,59	26,20	0,057	0,861	0,024	16,24	2,15	0,25
	Pz7	Pz11		0,73	0,73	0,73	48	0,07	3,80	0,25	0,15	0,07	1,50	14,95	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
1	Pz9	Pz10	0,96		0,96	0,96	63	0,09	3,80	0,33	0,19	0,10	1,50	114,00	0,55	160-S8	0,145	0,009	0,90	14,90	0,101	0,578	0,031	21,42	1,25	0,10
1	Pz8	Pz10	0,54		0,54	0,54	35	0,05	3,80	0,18	0,11	0,05	1,50	63,41	1,75	160-S8	0,145	0,009	1,61	26,59	0,056	0,870	0,023	16,13	2,18	0,25
	Pz10	Pz11	0,43	0,54	1,93	1,93	126	0,17	3,80	0,66	0,39	0,19	1,50	63,76	0,55	160-S8	0,145	0,009	0,90	14,90	0,101	0,578	0,031	21,42	1,25	0,10
	Pz11	Pz12	0,11	1,93	2,77	2,77	181	0,25	3,80	0,95	0,55	0,28	1,78	26,35	0,50	160-S8	0,145	0,009	0,86	14,21	0,125	0,588	0,035	23,90	1,20	0,10
1	Pz21	Pz22	0,26		0,26	0,26	17	0,02	3,80	0,09	0,05	0,03	1,50	47,07	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz22	Pz12	0,24	0,26	0,50	0,50	33	0,05	3,80	0,17	0,10	0,05	1,50	35,50	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz12	Pz15	0,23	0,50	3,50	3,50	229	0,32	3,80	1,20	0,70	0,35	2,25	70,67	0,42	160-S8	0,145	0,009	0,79	13,02	0,173	0,591	0,041	28,12	1,10	0,10
	Pz15	Pz16	0,20	3,50	5,08	5,08	332	0,46	3,80	1,74	1,02	0,51	3,26	49,79	0,42	160-S8	0,145	0,009	0,79	13,02	0,251	0,656	0,049	34,12	1,10	0,12
	Pz16	Pz20	0,05	5,08	5,13	5,13	336	0,46	3,80	1,76	1,03	0,51	3,30	27,12	0,42	160-S8	0,145	0,009	0,79	13,02	0,253	0,658	0,050	34,30	1,10	0,12
	Pz20	Pz29	0,04	5,13	7,66	7,66	501	0,69	3,80	2,62	1,53	0,77	4,92	20,72	0,27	160-S8	0,145	0,009	0,63	10,44	0,471	0,623	0,070	48,30	0,85	0,10

Inicio	Tramo		Area Tributaria				Población	Diseño Hidráulico										Fuerza Tractiva $\tau \geq 0.10$ kg/m ²								
	De	A	Ha			Q Medio Diario		Caudal					Long	Pend	Diam Nom min 200mm	Diam. Interior	n		V	Q	q/Q	v ≥ 0.45 m/s	Y	Y / d	F	
			Area Propia	Otras	Area Acum			Total	hab	F	Q _{MH}	Q _{CE}														Q _{INF}
1						l/s		l/s	l/s	l/s	l/s	m	%	mm, "	m		m/s	l/s	≤ 0.85	m/s	m	$\leq 85\%$				
1	Pz22	Pz23	0,12		0,12	0,12	8	0,01	3,80	0,04	0,02	0,01	1,50	36,03	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz23	Pz25	0,11	0,12	0,23	0,23	15	0,02	3,80	0,08	0,05	0,02	1,50	32,60	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
1	Pz21	Pz24	0,43		0,43	0,43	28	0,04	3,80	0,15	0,09	0,04	1,50	45,21	1,50	160-S8	0,145	0,009	1,49	24,61	0,061	0,824	0,024	16,75	2,03	0,22
	Pz24	Pz25	0,44	0,43	0,87	0,87	57	0,08	3,80	0,30	0,17	0,09	1,50	56,65	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz25	Pz26	0,26	0,87	1,36	1,36	89	0,12	3,80	0,47	0,27	0,14	1,50	57,96	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz26	Pz29	0,10	1,36	1,46	1,46	96	0,13	3,80	0,50	0,29	0,15	1,50	41,23	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
1	Pz27	Pz28	0,78		0,78	0,78	51	0,07	3,80	0,27	0,16	0,08	1,50	85,09	0,55	160-S8	0,145	0,009	0,90	14,90	0,101	0,578	0,031	21,42	1,25	0,10
	Pz28	Pz29	0,17	0,78	0,95	0,95	62	0,09	3,80	0,33	0,19	0,10	1,50	50,32	0,55	160-S8	0,145	0,009	0,90	14,90	0,101	0,578	0,031	21,42	1,25	0,10
	Pz29	Pz31	0,14	0,95	10,21	10,21	668	0,92	3,80	3,50	2,04	1,02	6,56	45,36	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,653	0,648	0,085	58,90	0,78	0,10
1	Pz30	Pz31	0,60		0,60	0,60	39	0,05	3,80	0,21	0,12	0,06	1,50	103,96	0,80	160-S8	0,145	0,009	1,09	17,97	0,083	0,660	0,028	19,53	1,50	0,14
	Pz31	Pz32	0,29	0,60	11,10	11,10	726	1,00	3,80	3,80	2,22	1,11	7,13	57,13	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,710	0,660	0,090	62,22	0,76	0,10
	Pz32	Pz33	0,47	11,10	11,57	11,57	757	1,04	3,80	3,96	2,31	1,16	7,43	69,76	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,740	0,666	0,093	64,00	0,75	0,10
	Pz33	Pz34	0,35	11,57	11,92	11,92	780	1,07	3,80	4,08	2,38	1,19	7,66	65,92	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,762	0,670	0,095	65,34	0,74	0,10
	Pz34	Pz35		11,92	11,92	11,92	780	1,07	3,80	4,08	2,38	1,19	7,66	49,91	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,762	0,670	0,095	65,34	0,74	0,10
	Pz35	Pz36		11,92	11,92	11,92	780	1,07	3,80	4,08	2,38	1,19	7,66	47,06	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,762	0,670	0,095	65,34	0,74	0,10
	Pz36	Pz37		11,92	11,92	11,92	780	1,07	3,80	4,08	2,38	1,19	7,66	62,53	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,762	0,670	0,095	65,34	0,74	0,10
	Pz37	Pz38		11,92	11,92	11,92	780	1,07	3,80	4,08	2,38	1,19	7,66	62,53	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,762	0,670	0,095	65,34	0,74	0,10
	Pz38	Pz39		11,92	11,92	11,92	780	1,07	3,80	4,08	2,38	1,19	7,66	64,80	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,762	0,670	0,095	65,34	0,74	0,10
	Pz39	PTAR		11,92	11,92	11,92	780	1,07	4,00	4,30	2,38	1,19	7,87	7,00	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,784	0,673	0,097	66,65	0,73	0,11

CALCULO ALCANTARILLADO SANITARIO

DISEÑO:

Batea ▾

Volver al menú

PERFIL HIDRÁULICO

Inicio	Tramo		Caída	Cota Clave		Cota rasante		Tipo de rasante	Recubrimiento ≥ 0.90 m		Pozo repetido	Cota batea		$\frac{V^2}{2g}$	Energía específica	Alineamiento	FLUJO SUBCRITICO				FLUJO SUPERCRITICO					Cota Clave sugerida	
	De	A		Tramo m	Super	Infer	Super		Infer	1,2,3,4,6,5		Super	Infer				1	Super	Infer	m	m	%	$\frac{r_c}{\phi}$	HC	0.2 D H _v		H _p
1	Pz1	Pz2	0.42	110,15	109,74	111,40	111,50	2	1,25	1,76		110,00	109,58	0,02	0,05	-0,14	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	
	Pz2	Pz3	0.42	109,74	109,32	111,50	111,45	2	1,76	2,13		109,58	109,17	0,02	0,05	0,07	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	109,71
	Pz3	Pz4	0.63	109,32	108,69	111,45	110,63	2	2,13	1,94		109,17	108,54	0,02	0,05	0,78	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	109,30
	Pz4	Pz17	0.44	108,69	108,25	110,63	110,10	2	1,94	1,85		108,54	108,10	0,02	0,05	0,73	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	108,67
	Pz17	Pz18	0.66	108,25	107,59	110,10	108,80	2	1,85	1,21		108,10	107,44	0,02	0,05	1,58	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	108,23
	Pz18	Pz19	0.49	107,59	107,10	108,80	108,37	2	1,21	1,27		107,44	106,95	0,02	0,05	0,52	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	107,57
	Pz19	Pz20	0.31	107,10	106,79	108,37	108,20	2	1,27	1,41		106,95	106,64	0,02	0,05	0,33					0,04	0,064	0,05	0,00			107,07
																	4		0,01	0,07							106,68
1	Pz4	Pz5	1.65	109,38	107,74	110,63	109,23	2	1,25	1,49	1	109,23	107,58	0,04	0,06	1,70	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	
	Pz5	Pz13	0.34	107,74	107,39	109,23	109,40	2	1,49	2,01		107,58	107,24	0,02	0,05	-0,30	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	107,70
	Pz13	Pz14	0.44	107,39	106,95	109,40	108,50	2	2,01	1,55		107,24	106,80	0,02	0,05	1,22	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	107,37
	Pz14	Pz15	0.25	106,95	106,70	108,50	108,20	2	1,55	1,50		106,80	106,55	0,02	0,05	0,73					0,03	0,060	0,05	0,00			106,92
																	4		0,00	0,05							106,59
1	Pz5	Pz6	0.39	107,98	107,60	109,23	108,90	2	1,25	1,30	1	107,83	107,44	0,02	0,05	0,51	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	
	Pz6	Pz7	1.09	107,58	106,49	108,90	107,80	2	1,32	1,31		107,43	106,34	0,04	0,06	1,71	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	107,57
	Pz7	Pz11	0.09	106,49	106,40	107,80	107,65	2	1,31	1,25		106,34	106,25	0,02	0,05	1,00					0,03	0,060	0,05	0,00			106,46
																	4		0,00	0,05							106,29
1	Pz9	Pz10	0.63	105,45	104,83	105,90	106,80	2	0,45	1,97		105,30	104,67	0,02	0,05	-0,79	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	
1	Pz8	Pz10	1,11	105,95	104,84	107,90	106,80	2	1,95	1,96		105,80	104,69	0,04	0,06	1,73	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	104,80
	Pz10	Pz11	0,35	104,83	104,47	106,80	107,65	2	1,97	3,18	1	104,67	104,32	0,02	0,05	-1,33	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	104,81
	Pz11	Pz12	0,13	104,47	104,34	107,65	107,80	2	3,18	3,46	1	104,32	104,19	0,02	0,05	-0,57	4				0,04	0,071	0,05	0,00	1,2	0,06	104,45
1	Pz21	Pz22	0,28	106,35	106,07	107,80	107,95	2	1,45	1,88		106,20	105,92	0,02	0,05	-0,32	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	104,32
	Pz22	Pz12	0,21	106,07	105,86	107,95	107,80	2	1,88	1,94		105,92	105,70	0,02	0,05	0,42	4				0,03	0,060	0,05	0,00	1,2	0,06	106,04
	Pz12	Pz15	0,30	104,34	104,05	107,80	108,20	2	3,46	4,15	1	104,19	103,89	0,02	0,06	-0,57	4				0,04	0,090	0,06	0,00	1,2	0,07	105,83
	Pz15	Pz16	0,21	104,05	103,84	108,20	108,21	2	4,15	4,37	1	103,89	103,68	0,02	0,07	-0,02	4				0,05	0,130	0,07	0,00	1,2	0,09	104,02
	Pz16	Pz20	0,11	103,84	103,72	108,21	108,20	2	4,37	4,48		103,68	103,57	0,02	0,07	0,04	4				0,05	0,131	0,07	0,00	1,2	0,09	103,80
	Pz20	Pz29	0,06	103,72	103,67	108,20	108,20	2	4,48	4,53	1	103,57	103,51	0,02	0,09						0,00	0,00					103,69

CALCULO ALCANTARILLADO SANITARIO

DISEÑO:

Batea ▼

Volver al menú

PERFIL HIDRÁULICO																											
Inicio	Tramo		Caída	Cota Clave		Cota rasante		Tipo de rasante	Recubrimiento ≥ 0.90 m		Pozo repetido		Cota batea		V ² / _{2g}	Energía específica	Alineamiento	FLUJO SUBCRITICO				FLUJO SUPERCRITICO				Cota Clave sugerida	
	1	De		A	Super	Infer	Super		Infer	1,2,3,4,6,5	Super	Infer	1	Super				Infer	m	m	%	Lc/L	HC	0.2 D H _v	Hp		Yc
1	Pz5	Pz6	0,34		0,34	0,34	22		0,03	3,80	0,12	0,07	0,03	1,50	64,21	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,34	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz6	Pz7	0,39	0,34	0,73	0,73	48		0,07	3,80	0,25	0,15	0,07	1,50	64,21	1,70	160-S8	0,145	0,009	1,59	26,20	0,057	0,861	0,024	16,24	2,15	0,25
	Pz7	Pz11		0,73	0,73	0,73	48		0,07	3,80	0,25	0,15	0,07	1,50	14,95	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
1	Pz9	Pz10	0,96		0,96	0,96	63		0,09	3,80	0,33	0,19	0,10	1,50	114,00	0,95	160-S8	0,145	0,009	0,90	14,90	0,101	0,578	0,031	21,42	1,25	0,10
1	Pz8	Pz10	0,54		0,54	0,54	35		0,05	3,80	0,18	0,11	0,05	1,50	63,41	1,75	160-S8	0,145	0,009	1,61	26,59	0,056	0,870	0,023	16,13	2,18	0,25
	Pz10	Pz11	0,43	0,54	1,93	1,93	126		0,17	3,80	0,66	0,39	0,19	1,50	63,76	0,55	160-S8	0,145	0,009	0,90	14,90	0,101	0,578	0,031	21,42	1,25	0,10
	Pz11	Pz12	0,11	1,93	2,77	2,77	181		0,25	3,80	0,95	0,55	0,28	1,78	26,35	0,50	160-S8	0,145	0,009	0,86	14,21	0,125	0,588	0,035	23,90	1,20	0,10
1	Pz21	Pz22	0,26		0,26	0,26	17		0,02	3,80	0,09	0,05	0,03	1,50	47,07	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz22	Pz12	0,24	0,26	0,50	0,50	33		0,05	3,80	0,17	0,10	0,05	1,50	35,50	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz12	Pz15	0,23	0,50	3,50	3,50	229		0,32	3,80	1,20	0,70	0,35	2,25	70,67	0,42	160-S8	0,145	0,009	0,79	13,02	0,173	0,591	0,041	28,12	1,10	0,10
	Pz15	Pz16	0,20	3,50	5,08	5,08	332		0,46	3,80	1,74	1,02	0,51	3,26	49,79	0,42	160-S8	0,145	0,009	0,79	13,02	0,251	0,656	0,049	34,12	1,10	0,12
	Pz16	Pz20	0,05	5,08	5,13	5,13	336		0,46	3,80	1,76	1,03	0,51	3,30	27,12	0,42	160-S8	0,145	0,009	0,79	13,02	0,253	0,658	0,050	34,30	1,10	0,12
	Pz20	Pz29	0,04	5,13	7,66	7,66	501		0,69	3,80	2,62	1,53	0,77	4,92	20,72	0,27	160-S8	0,145	0,009	0,63	10,44	0,471	0,623	0,070	48,30	0,85	0,10
1	Pz22	Pz23	0,12		0,12	0,12	8		0,01	3,80	0,04	0,02	0,01	1,50	36,03	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz23	Pz25	0,11	0,12	0,23	0,23	15		0,02	3,80	0,08	0,05	0,02	1,50	32,60	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
1	Pz21	Pz24	0,43		0,43	0,43	28		0,04	3,80	0,15	0,09	0,04	1,50	45,21	1,50	160-S8	0,145	0,009	1,49	24,61	0,061	0,824	0,024	16,75	2,03	0,22
	Pz24	Pz25	0,44	0,43	0,87	0,87	57		0,08	3,80	0,30	0,17	0,09	1,50	56,65	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz25	Pz26	0,26	0,87	1,36	1,36	89		0,12	3,80	0,47	0,27	0,14	1,50	57,96	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
	Pz26	Pz29	0,10	1,36	1,46	1,46	96		0,13	3,80	0,50	0,29	0,15	1,50	41,23	0,60	160-S8	0,145	0,009	0,94	15,57	0,096	0,596	0,030	20,97	1,30	0,11
1	Pz27	Pz28	0,78		0,78	0,78	51		0,07	3,80	0,27	0,16	0,08	1,50	85,09	0,55	160-S8	0,145	0,009	0,90	14,90	0,101	0,578	0,031	21,42	1,25	0,10
	Pz28	Pz29	0,17	0,78	0,95	0,95	62		0,09	3,80	0,33	0,19	0,10	1,50	50,32	0,55	160-S8	0,145	0,009	0,90	14,90	0,101	0,578	0,031	21,42	1,25	0,10
	Pz29	Pz31	0,14	0,95	10,21	10,21	668		0,92	3,80	3,50	2,04	1,02	6,56	45,36	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,653	0,648	0,085	58,90	0,78	0,10
1	Pz30	Pz31	0,60		0,60	0,60	39		0,05	3,80	0,21	0,12	0,06	1,50	103,96	0,80	160-S8	0,145	0,009	1,09	17,97	0,083	0,660	0,028	19,53	1,50	0,14
	Pz31	Pz32	0,29	0,60	1,10	1,10	726		1,00	3,80	3,80	2,22	1,11	7,13	57,13	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,710	0,660	0,090	62,22	0,76	0,10
	Pz32	Pz33	0,47	1,10	1,57	1,57	757		1,04	3,80	3,96	2,31	1,16	7,43	69,76	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,740	0,666	0,093	64,00	0,75	0,10
	Pz33	Pz34	0,35	1,57	1,92	1,92	780		1,07	3,80	4,08	2,38	1,19	7,66	65,92	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,762	0,670	0,095	65,34	0,74	0,10
	Pz34	Pz35		1,92	1,92	1,92	780		1,07	3,80	4,08	2,38	1,19	7,66	49,91	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,762	0,670	0,095	65,34	0,74	0,10
	Pz35	Pz36		1,92	1,92	1,92	780		1,07	3,80	4,08	2,38	1,19	7,66	47,06	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,762	0,670	0,095	65,34	0,74	0,10
	Pz36	Pz37		1,92	1,92	1,92	780		1,07	3,80	4,08	2,38	1,19	7,66	62,53	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,762	0,670	0,095	65,34	0,74	0,10
	Pz37	Pz38		1,92	1,92	1,92	780		1,07	3,80	4,08	2,38	1,19	7,66	62,53	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,762	0,670	0,095	65,34	0,74	0,10
	Pz38	Pz39		1,92	1,92	1,92	780		1,07	3,80	4,08	2,38	1,19	7,66	64,80	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,762	0,670	0,095	65,34	0,74	0,10
	Pz39	PTAR		1,92	1,92	1,92	780		1,07	4,00	4,30	2,38	1,19	7,87	7,00	0,25	160-S8	0,145	0,009	0,61	10,05	0,784	0,673	0,097	66,65	0,73	0,11



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



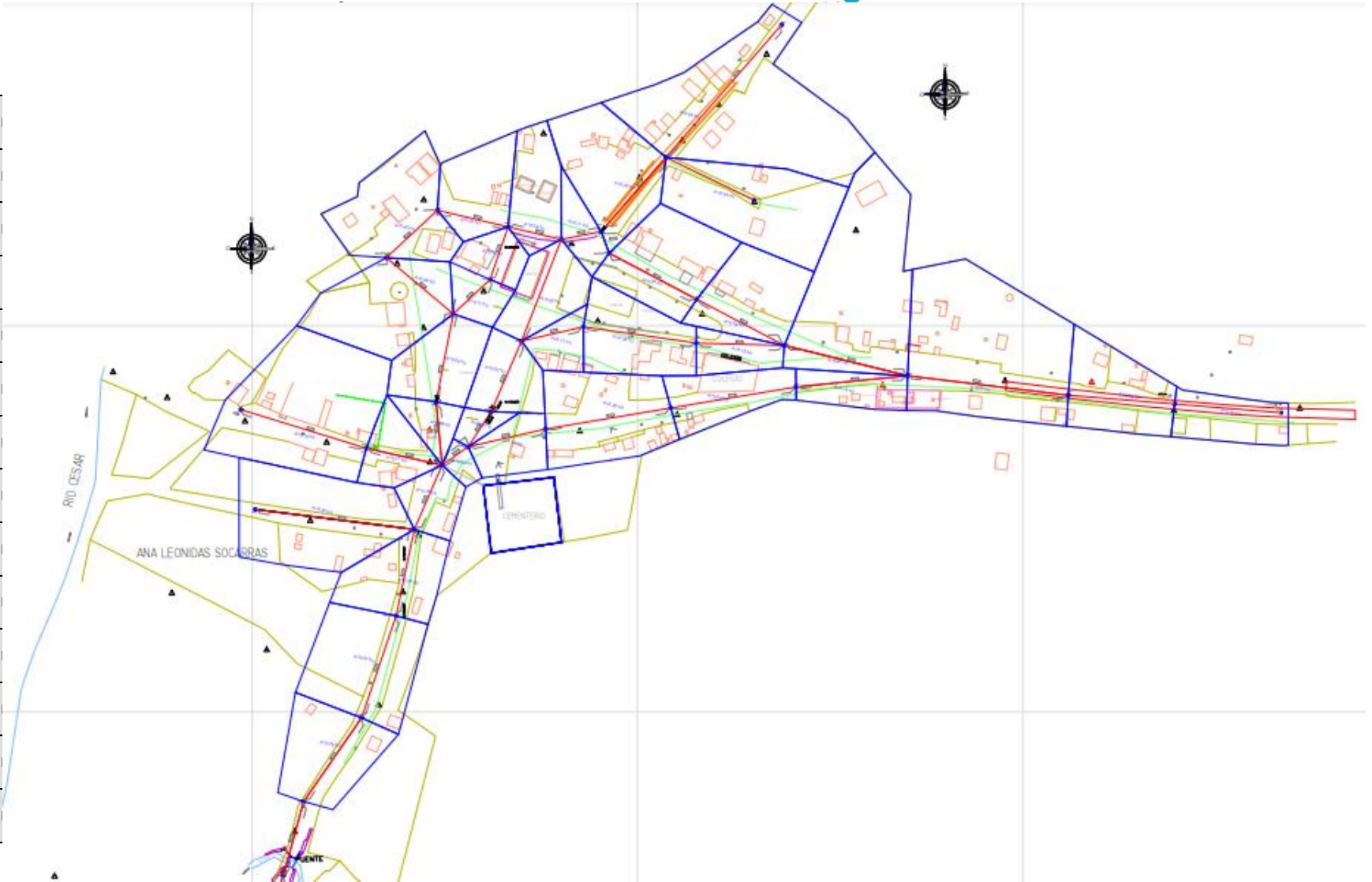
Anexo 2: Diseño y revisión de cimentación de tubería PVC

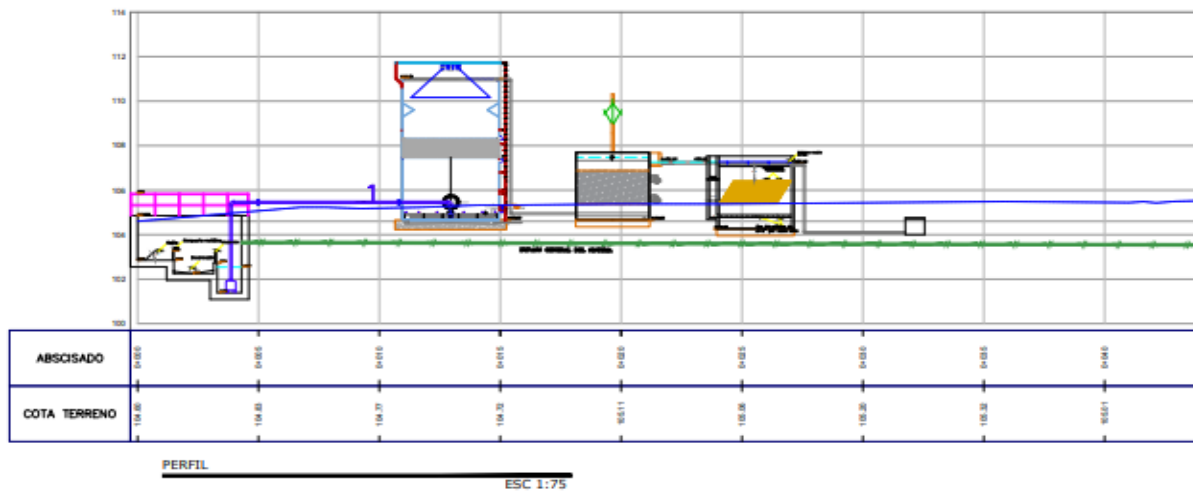
DISEÑO Y REVISIÓN DE CIMENTACION DE TUBERIAS PVC

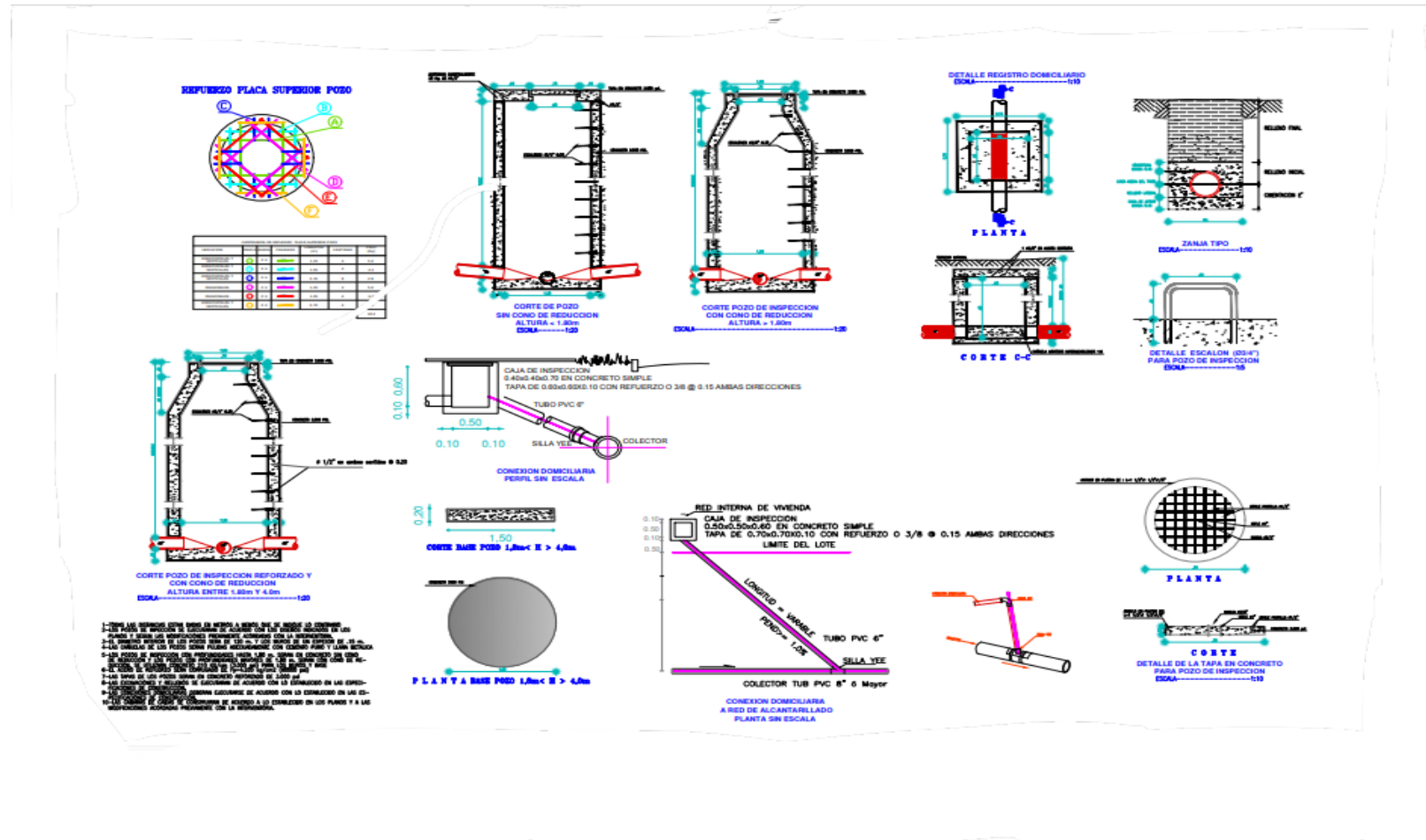
Tramo		Diam Nom mm,"	Bd m	D Exterior Bc m	Altura Rell. H m	Pr. Suelo P kg/m ²	Tipo de Relleno	Peso Unitario kg/m ³	Tipo de carga	Ci	WL kg/m	Pv kg/m ²	Pt kg/m ²	Pt Crítico kg/m ²	DL	K	Rígidez Tubería PSI	E' PSI	Deflexión %<7,5	Cimentación	
De	A																			Material	Compactación
Pz1	Pz2	160-S8	0,56	0,16	1,25	1998	2	1602	1	0,044	320	2.000	3.999	3.999	1,00	0,10	57	2000	0,44	2	3
					1,51	2411		0,031		227	1.418	3.829									
					1,76	2824		0,023		169	1.054	3.878									
Pz2	Pz3	160-S8	0,56	0,16	1,76	2824	2	1602	1	0,023	169	1.054	3.878	4.145	1,00	0,10	57	2000	0,45	2	3
					1,95	3117		0,019		140	874	3.991									
					2,13	3410		0,016		118	735	4.145									
Pz3	Pz4	160-S8	0,56	0,16	2,13	3410	2	1602	1	0,016	118	735	4.145	4.145	1,00	0,10	57	2000	0,45	2	3
					2,03	3258		0,018		128	803	4.061									
					1,94	3106		0,019		141	880	3.985									
Pz4	Pz17	160-S8	0,56	0,16	1,94	3106	2	1602	1	0,019	141	880	3.985	3.985	1,00	0,10	57	2000	0,43	2	3
					1,89	3031		0,020		147	922	3.953									
					1,85	2956		0,021		155	967	3.923									
Pz17	Pz18	160-S8	0,56	0,16	1,85	2959	2	1602	1	0,021	154	965	3.924	4.058	1,00	0,10	57	2000	0,44	2	3
					1,53	2445		0,030		221	1.382	3.827									
					1,21	1931		0,047		340	2.127	4.058									
Pz18	Pz19	160-S8	0,56	0,16	1,21	1931	2	1602	1	0,047	340	2.127	4.058	4.058	1,00	0,10	57	2000	0,44	2	3
					1,24	1982		0,045		325	2.029	4.012									
					1,27	2034		0,043		310	1.938	3.972									
Pz19	Pz20	160-S8	0,56	0,16	1,27	2036	2	1602	1	0,043	309	1.934	3.970	3.970	1,00	0,10	57	2000	0,43	2	3
					1,34	2148		0,039		281	1.755	3.903									
					1,41	2260		0,035		256	1.599	3.859									
Pz4	Pz5	160-S8	0,56	0,16	1,25	1998	2	1602	1	0,044	320	2.000	3.999	3.999	1,00	0,10	57	2000	0,44	2	3
					1,37	2196		0,037		270	1.685	3.881									
					1,49	2394		0,032		230	1.437	3.831									
Pz5	Pz13	160-S8	0,56	0,16	1,49	2394	2	1602	1	0,032	230	1.437	3.831	4.039	1,00	0,10	57	2000	0,44	2	3
					1,75	2805		0,024		171	1.068	3.873									
					2,01	3215		0,018		132	823	4.039									
Pz13	Pz14	160-S8	0,56	0,16	2,01	3215	2	1602	1	0,018	132	823	4.039	4.039	1,00	0,10	57	2000	0,44	2	3
					1,78	2850		0,023		166	1.036	3.886									
					1,55	2485		0,030		214	1.341	3.826									
Pz14	Pz15	160-S8	0,56	0,16	1,55	2485	2	1602	1	0,030	214	1.341	3.826	3.830	1,00	0,10	57	2000	0,42	2	3
					1,52	2443		0,031		221	1.384	3.827									
					1,50	2400		0,032		229	1.430	3.830									

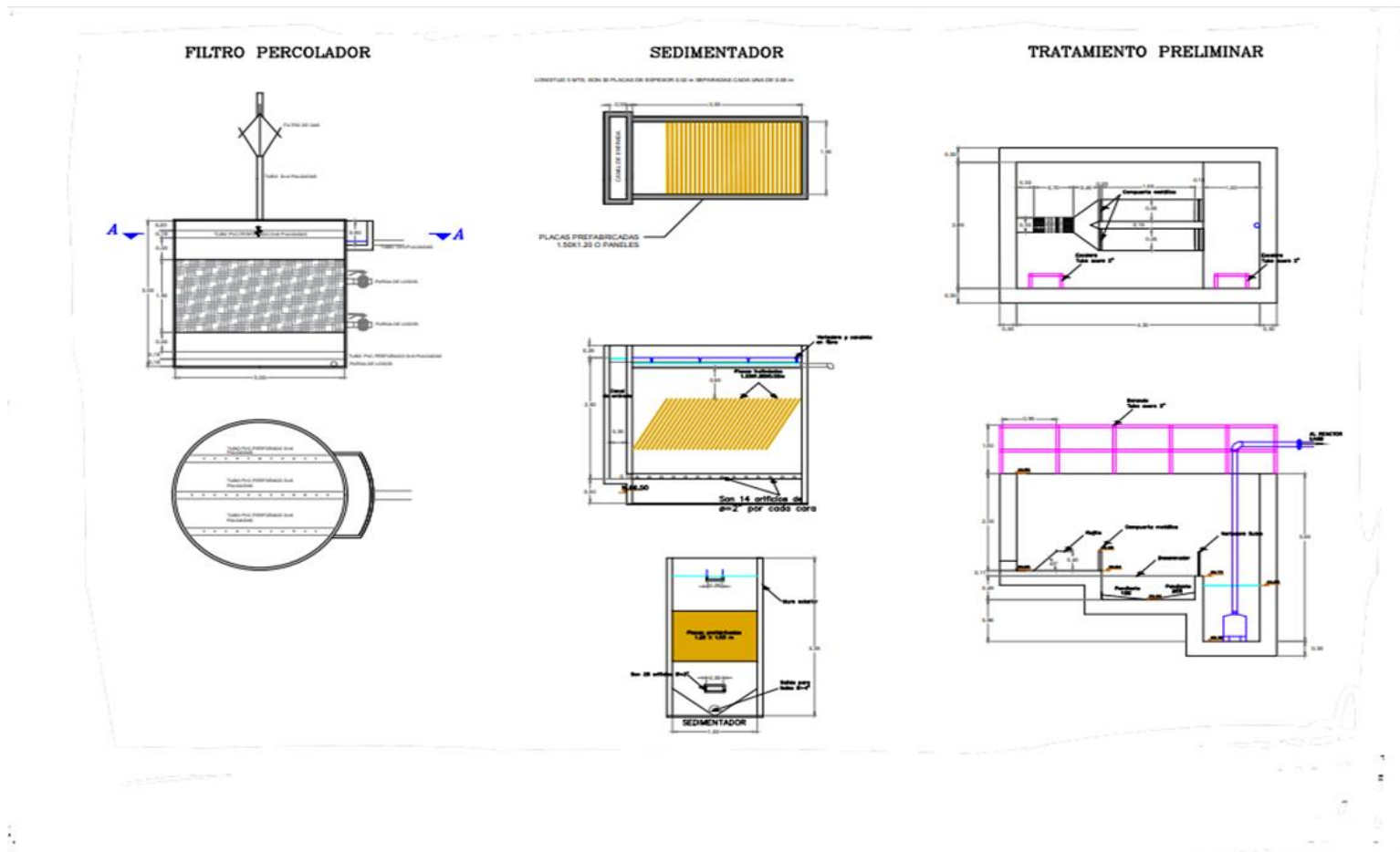


Pz5
Pz6
Pz7
Pz9
Pz8
Pz10
Pz11
Pz21
Pz22
Pz12
Pz15
Pz16
Pz20











Anexo 4 Análisis de parámetros fisicoquímicos



**Laboratorio
Nancy Flórez García S.A.S**
Confiable a toda prueba
Nº B24.000.588-0



IDEAM
INSTRUMENTACIÓN
E INGENIERÍA AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ANALISIS
Nº 34192
REEMPLAZA EL CERTIFICADO Nº 34040

INFORMACION DEL CLIENTE

EMPRESA : MUNICIPIO DE SAN DIEGO
DIRECCIÓN : Carrera 9 Nº 2c - 71
CONTACTO : ANDRÉS GARCÍA
CARGO : ASESOR AMBIENTAL

NIT : 800096223
CIUDAD : SAN DIEGO
TELÉFONO : 3145391801

INFORMACION DE LA MUESTRA

NOMBRE : AGUA SUBTERRANEA
LUGAR DE MUESTREO : LAS PITILLAS
PUNTO DE MUESTREO : POZO PROFUNDO
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
PLAN DE MUESTREO : NS
PRÓC. DE MUESTREO : NS

CODIGO : 200058996
LOTE : N.L.A.
REGISTRO INVIMA : N.L.A.

HORA MUESTRA : 12:50
MUESTREO : 2020/08/10
RECEPCIÓN : 2020/08/10
INICIO ENSAYOS : 2020/08/10
FINAL ENSAYOS : 2020/08/21
INFORME : 2020/08/22

Fisicoquímico					
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Alcalinidad Total mg CaCO ₃ /L (A)	SM 2322 B - Volumétrico	5,500	2020/08/10	N.R.	304
Cloruro mg Cl ⁻ /L (A)	SM 4300-C B - Argentométrico	7,00	2020/08/10	250,0	17,7
Conductividad µmhos (A)	SM 2530 B - Electrométrica	-	2020/08/10	N.R.	887,6
Dureza Total mg CaCO ₃ /L (A)	SM 2345 C - Volumétrico - EDTA	5,500	2020/08/10	N.R.	328
Oxígeno y azufre mg/L (A)	PARTICIÓN INFRAROJO MÉTODO C NTC 3362.2001 - Infrarrojo	7,00	2020/08/26	N.R.	<1,00
Nitratos mg NO ₃ /L (A)	SM 4500-NO ₃ B - Fotométrico	5,000	2020/08/10	1,0	<5,000
pH (22,8 °C) U de pH	SM 4500-H+ B - Electromédico	-	2020/08/10	3,0-9,0	7,14
Temperatura °C	SM 2550 B - Electrométrica	-	2020/08/10	N.R.	22,8

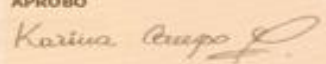
Microbiológico					
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Coliformes Termotolerantes (Fecales) NMP/100ml (A)	SM 9221 B - Número más probable	1,8	2020/08/10	2000	36
Coliformes Totales NMP/100 ml (A)	SM 9221 B - Número más probable	1,8	2020/08/10	20000	70

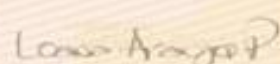
Especificación: DECRETO 1076 ART 2.2.3.3.5.3 TRATAMIENTO CONVENCIONAL Y OBTENCION DE CALIDAD PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE)

NOTA:
Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.
La muestra cumple con el parámetro de la especificación.
Este informe de resultado reemplaza el Certificado de Análisis Nº 34040 para realizar cambio en los datos de la persona de contacto.

N.A.: No Aplica N.S.: No Suministrado N.R.: Resultado no requerido por la especificación.
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método.
Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S. en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los meses. La fecha de finalización cumple en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución Nº 0296 de 02 de mayo 2020 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLÓREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLÓREZ GARCÍA SAS, para producir información cuantitativa, física, química y biológica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, infuconecta con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

APROBÓ


KARINA CAMPO
TP: PQ-3959
Coordinador Técnico de Laboratorio


LOANA ARAUJO PUMAREJO
Directora del Laboratorio

Fin de Informe

Página 1 de 1

Anexo 5. Evidencias fotográficas



Registro fotográfico N° 1: Vertimiento de aguas residuales domésticas.



Registro fotográfico n° 2: Caño artificial de aguas residuales en las calles



Registro fotográfico N° 3: Aplicación de encuesta a la comunidad



Registro fotográfico n° 2: visitas domiciliarias

Anexo 6. Presupuesto general

PRESUPUESTO OFICIAL					
OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CORREGIMIENTO DE LAS PITILLAS EN EL MUNICIPIO DE SAN DIEGO DEPARTAMENTO DEL CESAR					
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. TOTAL
A	SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO				
1.0	PRELIMINARES				\$8.418.656,19
1.1	TRAZADO Y REPLANTEO CON EQUIPO DE TOPOGRAFIA	ML	2489,99	\$3.381,00	\$8.418.656,19
2.0	EXCAVACIONES				\$377.298.867,81
2.1	EXCAVACIÓN EN TIERRA DE 0.00 A 1.50 M DE PROFUNDIDAD	M3	2.099,85	\$23.241,00	\$48.802.552,57
2.2	EXCAVACIÓN EN TIERRA DE 1.51 A 3.00 M DE PROFUNDIDAD	M3	934,58	\$28.119,31	\$26.279.715,32
2.3	EXCAVACIÓN EN TIERRA A UNA PROFUNDIDAD MAYOR DE 3,00 M	M3	243,80	\$35.975,44	\$8.770.662,88
2.4	EXCAVACIÓN EN MATERIAL CONGLOMERADO DE 0.00 A 1.50 M DE PROFUNDIDAD	M3	1.049,92	\$26.930,40	\$28.274.862,90
2.5	EXCAVACIÓN EN MATERIAL CONGLOMERADO DE 1.51 A 3.00 M DE PROFUNDIDAD	M3	467,29	\$35.162,63	\$16.431.127,56
2.6	EXCAVACIÓN EN MATERIAL CONGLOMERADO A UNA PROFUNDIDAD MAYOR DE 3,00 M	M3	121,90	\$44.018,36	\$5.365.745,86
2.7	EXCAVACIÓN EN ROCA A CUALQUIER PROFUNDIDAD	M3	546,37	\$162.027,78	\$88.527.178,94
2.8	EXCAVACIONES A MANO EN MATERIAL COMUN O CONGLOMERADO PARA ACOMETIDAS DOMICILIARIAS Y CAMARAS DE INSPECCION	M3	837,21	\$43.844,64	\$36.706.988,13
2.9	CARGUE Y RETIRO DE SOBANTES	M3	1.262,93	\$69.640,00	\$87.950.625,51

2.10	ENTIBADO TIPO CAJON	M2	3.311,83	\$23.851,43	\$78.991.960,71
3.0	RED DE RECOLECCION				\$325.778.125,85
3.1	INSTALACIÓN TUBERIA PVC CORRUGADA PARA ALCANTARILLADO D= 160 MM	ML	2.489,99	\$29.426,37	\$73.271.359,80
3.2	INSTALACIÓN TUBERIA PVC CORRUGADA PARA ALCANTARILLADO D= 110 MM	ML	918,00	\$28.733,15	\$26.377.034,84
3.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN KIT SILLA "Y" 160 x 110 MM	UND	102,00	\$342.800,61	\$34.965.662,40
3.4	POZOS DE INSPECCION				
3.4.1	CONSTRUCCIÓN DE POZO CON ALTURA MENOR DE 1.80M.	UND	14,00	\$2.577.053,94	\$36.078.755,16
3.4.2	CONSTRUCCIÓN DE POZO CON ALTURA ≥ 1.80 M. < 3.00 M	UND	15,00	\$3.365.815,60	\$50.487.234,07
3.4.3	CONSTRUCCIÓN DE POZO CON ALTURA ≥ 3.00 M	UND	10,00	\$5.865.001,21	\$58.650.012,15
3.4.4	CONSTRUCCIÓN DE CÁMARA DE CAÍDA ALTURA MEDIA. HPRM. 1.56 M.	UND	7,00	\$2.051.040,91	\$14.357.286,34
3.5	CAJAS DE INSPECCION				
3.5.1	CAJAS DE INSPECCIÓN, DE SECCIÓN INTERNA 0.50 X 0.50 M, DE 0.60 M DE PROF., CON MUROS Y PLACA DE FONDO EN CONCRETO DE 2500 PSI IMPERM. DE E = 0.10 M., LA TAPA DE E = 0.07 M., EN CONCRETO DE 2500 PSI REFORZADO CON ACERO DE 3/8" CADA 0.15 EN AMBOS SENTIDOS, INCLUYE ADEMÁS EXCAVACION, RELLENO LATERAL Y MORTERO 1:4 PARA SELLADO DE TAPA.	UND	102,00	\$309.713,54	\$31.590.781,09
4.0	RELLENOS Y SUBBASES PARA RED DE RECOLECCION				\$410.588.224,90
4.1	RELLENOS CON MATERIAL SELECCIONADO PROCEDENTE DE LA EXCAVACION	M3	4.546,05	\$25.473,78	\$115.804.979,16
4.2	CIMENTACION, SUBSTITUCIONES - SUBBASES Y BASES COMPACTADAS	M3	983,95	\$236.012,57	\$232.224.403,76
4.3	SUBSTITUCIONES EN ARENA LIMPIA PARA CIMENTACION DE TUBERÍAS	M3	220,43	\$222.957,53	\$49.145.614,45

4.4	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	M2	14.939,94	\$897,81	\$13.413.227,53
5.0	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PTAR				\$850.790.462,44
5.1	SUMINISTRO E INSTALACION PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CAPACIDAD 3,0 LPS	UND	1,00	\$737.000.000,00	\$737.000.000,00
5.2	PLACA DE SOPORTE PTAR CASETA DE OPERACIÓN CABEZAL DE DESCARGA Y VIADUCTO				
5.2.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	M2	87,07	\$4.176,00	\$363.614,76
5.2.2	DESCAPOTE MANUAL, INCLUYE RETIRO	M2	700,00	\$10.501,13	\$7.350.787,50
5.2.3	EXCAVACIÓN MANUAL	M3	16,72	\$39.734,21	\$664.534,71
5.2.4	RETIRO SOBANTES DE EXCAVACIÓN	M3	64,26	\$95.540,00	\$6.139.553,26
5.2.5	SOLADO EN CONCRETO Pobre 2500 PSI 5CM	M2	102,14	\$38.510,59	\$3.933.568,11
5.2.6	CONCRETO 3500PSI PARA PLACA	M3	53,10	\$929.171,07	\$49.338.983,90
5.2.7	ACERO DE 60,000 PSI	KG	1.754,28	\$7.558,63	\$13.259.923,03
5.2.8	RELLENO CON MATERIAL TIPO SUBBASE	M3	6,35	\$238.612,07	\$1.514.709,42
5.2.9	CONCRETO DE 3000 PSI PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN	M3	3,16	\$1.027.947,27	\$3.247.645,20
5.2.10	PLACA BASE CONCRETO 3000 PSI, 10CM	M2	27,04	\$134.230,76	\$3.629.599,70
5.2.11	MALLA ELECTROSOLDADA FY= 5000 KG/CM2, 500 MP Q6	M2	26,52	\$11.991,05	\$318.032,66
5.2.12	MURO EN BLOQUE DE CEMENTO SPLIT 0.15X0.19X0.39-MORTERO DE PEGA 1.4-A LA VISTA POR UNA CARA Y RANURADO	M2	32,14	\$88.779,95	\$2.853.121,22
5.2.13	CONCRETO 3000 PSI ACELERADO PARA COLUMNETAS	M3	0,32	\$1.620.897,80	\$522.739,54
5.2.14	VIGAS SOBRE MURO, CONCRETO 3.000 PSI	M3	1,26	\$1.318.999,06	\$1.664.576,82
5.2.15	VIGA CINTA SECCIÓN, 0.10x0,15M CONCRETO 3000 PSI,	ML	16,10	\$77.907,33	\$1.254.308,01
5.2.16	SUMINISTRO E INSTALACION CORREA EN PERFIL 100X50 CAL. 12-2MM-INCL. ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE	ML	12,00	\$60.724,46	\$728.693,52
5.2.17	CUBIERTA EN LAMINA ARQUITECTONICA TIPO MASTER 1000 O SIMILAR	M2	17,60	\$43.083,72	\$758.273,47

5.2.18	PISO EN TABLON VITIFICADO 0.30X0.30 M MORTERO DE PEGA 1.4	M2	13,69	\$76.481,59	\$1.047.032,93
5.2.19	VENTANA EN LÁMINA COLL ROLLED	UND	2,00	\$257.473,39	\$514.946,78
5.2.20	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUERTA METÁLICA EN LAMINA GALVANIZADA COLD ROLLED CALIBRE 22 DE 0.8X2.0M. INCLUYE MARCO, PINTURA EN ACEITE, BISAGRAS, CERRADURA TIPO YALE	UND	1,00	\$519.580,13	\$519.580,13
5.3	BY PASS PTAR				
5.3.1	TRAZADO Y REPLANTEO CON EQUIPO DE TOPOGRAFIA	ML	48,00	\$3.381,00	\$162.288,00
5.3.2	EXCAVACIÓN EN TIERRA DE 0.00 A 1.50 M DE PROFUNDIDAD	M3	58,80	\$23.241,00	\$1.366.570,80
5.3.3	EXCAVACIÓN MANUAL	M3	9,54	\$39.734,21	\$379.167,14
5.3.4	CARGUE Y RETIRO DE SOBANTES	M3	11,05	\$69.640,00	\$769.560,45
5.3.5	INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC CORRUGADA PARA ALCANTARILLADO D=200 MM.	ML	48,00	\$31.469,81	\$1.510.550,69
5.3.6	CONSTRUCCIÓN DE POZO CON ALTURA MENOR DE 1.80M.	UND	3,00	\$2.577.053,94	\$7.731.161,82
5.3.7	RELLENOS CON MATERIAL SELECCIONADO PROCEDENTE DE LA EXCAVACION	M3	57,29	\$25.473,78	\$1.459.444,96
5.3.8	SUBSTITUCIONES EN ARENA LIMPIA PARA CIMENTACION DE TUBERÍAS	M3	3,53	\$222.957,53	\$787.493,92
	TOTAL COSTO DIRECTO				\$1.972.874.337,00
	Administración			24%	\$473.489.841,00
	Imprevistos			1%	\$19.728.743,00
	Utilidad			5%	\$98.643.717,00
				30%	\$591.862.301,00
	SUB-TOTAL OBRA CIVIL				\$2.564.736.638,00

	SUMINSITROS DE TUBERIA				
5.3.5.S	SUMINISTRO DE TUBERÍA PVC CORRUGADA PARA ALCANTARILLADO D=200 MM.	ML	48,00	\$66.156,03	\$3.175.489,30
3.2.S	SUMINSTRO TUBERIA PVC 160 MM (6")	ML	2.489,99	\$52.201,89	\$129.982.180,76
7.1.S	SUMINSTRO TUBERIA PVC 110 MM (4")	ML	1.200,00	\$31.674,39	\$38.009.266,40
	ADMINISTRACION			24%	\$41.080.065,00
	VALOR TOTAL SUMINISTROS + ADMINISTRACION				\$212.247.001,00
	VALOR TOTAL PRESUPUESTO DE OBRA				\$2.776.983.639,00
	VALOR PRESUPUESTO PGIO			1,86%	\$36.600.000,00
	INTERVENTORÍA DE OBRA			9,0%	\$503.039.472,00
	INTERVENTORÍA SUMINISTRO			4,0%	\$8.736.417,00
	VALOR TOTAL INTERVENTORIA				\$511.775.889,00
	APOYO A LA SUPERVISIÓN				\$45.500.000,00
	VALOR TOTAL DEL PROYECTO				\$3.370.859.528,00